

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-224470

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl.

H04N 5/243

G03B 5/00

H04N 5/232

H04N 5/335

(21)Application number : 11-024842

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 02.02.1999

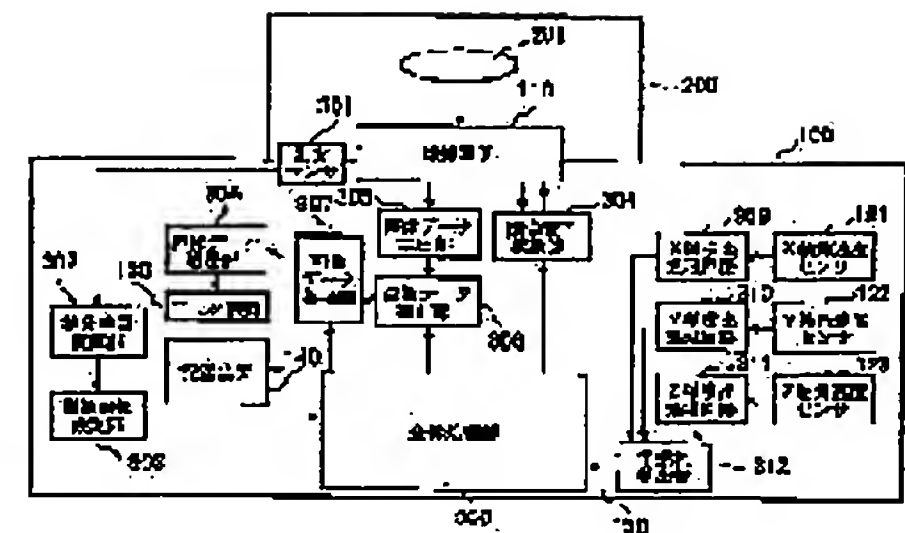
(72)Inventor : HARA YOSHIHIRO
KOSAKA AKIRA

(54) CAMERA SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reproduce the images of small noise and high image quality without causing image flowing by synthesizing images obtained by picking up the plural images by integration time equal to or less than hand shake limit integration time when object luminance is low.

SOLUTION: When the object luminance is low and the possibility of causing a hand shake is present, in order to prevent it and to obtain the high quality images, in a pixel non-addition mode for outputting the charge amounts of the respective pixels of an image pickup element 110 as they are as pixel data, plural image data picked up by the hand shake limit integration time or the integration time shorter than that are synthesized and one piece of final image data is obtained. Further, since a camera position is moved after first image photographing until the image pickup of second and succeeding times, the image data of the second and succeeding times are corrected and added to the first image data. In this case, since the respective images are picked up by the hand shake limit integration time or the integration time shorter than that, no hand shake is present even in an exposure insufficient state and it is the position correction of the image read from the image pickup element 110 to be strict and is different from the image correction to be the hand shake.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.03.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁（J P）(12) 公 開 特 許 公 報（A）(11)特許出願公開番号
特開2000－224470
（P2000－224470A）
(43)公開日 平成12年 8 月11日 (2000. 8. 11)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 N 5/243		H 0 4 N 5/243	5 C 0 2 2
G 0 3 B 5/00		G 0 3 B 5/00	K 5 C 0 2 4
H 0 4 N 5/232		H 0 4 N 5/232	Z
5/335		5/335	

審査請求 有 請求項の数25 O L （全 24 頁）

(21)出願番号	特願平11－24842	(71)出願人	000006079 ミノルタ株式会社 大阪府大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号 大阪国際ビル
(22)出願日	平成11年 2 月 2 日 (1999. 2. 2)	(72)発明者	原 吉宏 大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号 大阪 国際ビル ミノルタ株式会社内
		(72)発明者	小坂 明 大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号 大阪 国際ビル ミノルタ株式会社内
		(74)代理人	100067828 弁理士 小谷 悦司 （外 2 名）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 カメラシステム

(57)【要約】

【課題】 C C D等の撮像素子を用いたデジタルカメラにおいて、被写体輝度が低く、手振れ限界積分時間以下の積分時間で撮像しなければならない条件下において、適正露光量で、かつ手振れの無い画像を得る。

【解決手段】 手振れ限界撮像時間か又はそれよりも短い撮像時間で、同一被写体を複数回撮像し、第2回目以降に撮像した画像データに対して、最初に画像を撮像してから第2回目以降に画像を撮像するまでの間にカメラが移動した移動量を補正し、最初の画像データに第2回目以降の画像データを合成して、適正露光量の1つの画像データを得る。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被写体輝度により決定される適正積分時間が手振れ限界積分時間よりも長くなる場合において、被写体の略同一部分を手振れ限界積分時間又はそれよりも短い制御積分時間で複数回撮像し、得られた複数の画像データを合成して1つの画像を作成し、適正露光画像を得ることを特徴とするカメラシステム。

【請求項2】 適正積分時間を T_1 、手振れ限界積分時間を T_0 として、制御積分時間 T_2 及び撮像回数 C をそれぞれ、 $C = \text{INT}(T_1/T_0)$ 、 $T_2 = T_1/C$ で表される値とする（但し、 INT とは端数を切り上げて整数化することを意味する）ことを特徴とする請求項1記載のカメラシステム。

【請求項3】 T_3 を手振れ限界積分時間 T_0 よりも短い任意の時間として、制御積分時間 T_2 及び撮像回数 C をそれぞれ、 $C = \text{INT}(T_1/T_3)$ 、 $T_2 = T_1/C$ で表される値とする（但し、 INT とは端数を切り上げて整数化することを意味する）ことを特徴とする請求項1記載のカメラシステム。

【請求項4】 画像データ補正機能を設け、各画像データの補正を行った後、画像データを合成することを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載のカメラシステム。

【請求項5】 画像データの補正は、撮像光学系の光軸を座標軸の1つとする直交座標系の各軸回りの回転振れ補正することを特徴とする請求項4記載のカメラシステム。

【請求項6】 光軸回りの回転振れと、光軸に直交する2軸回りの回転振れとをそれぞれ異なった方法で補正することを特徴とする請求項5記載のカメラシステム。

【請求項7】 撮像素子は実画面サイズよりも大きな有効範囲を有し、光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、光軸回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により行うことを特徴とする請求項6記載のカメラシステム。

【請求項8】 光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正のための画像データ読み出し範囲の移動はソフトウェア処理により行い、光軸回りの回転振れ補正のための画像データの回転はハードウェア処理により行うことを特徴とする請求項7記載のカメラシステム。

【請求項9】 光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正を行った後、光軸回りの回転振れ補正を行うことを特徴とする請求項5から8のいずれかに記載のカメラシステム。

【請求項10】 光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正及び光軸回りの回転振れ補正を、アフィン変換により同時に行うことを特徴とする請求項5記載のカメラシステム。

【請求項11】 画像データ読み出し範囲を実画面サイ

ズよりも大きくすることを特徴とする請求項4から10のいずれかに記載のカメラシステム。

【請求項12】 撮像回数が増えることに、画像データ読み出し範囲を広くすることを特徴とする請求項11記載のカメラシステム。

【請求項13】 第2回目以降の各画像を撮像する際、最初の画像を撮像した位置からのカメラの移動量を検出し、検出した移動量に基づいて撮像した画像データを補正し、補正後の画像データを合成することを特徴とする請求項4から12のいずれかに記載のカメラシステム。

【請求項14】 第2回目以降の各画像を撮像する際、最初の画像を撮像した位置からのカメラの移動量を検出し、撮像した画像データと当該画像データに対応する移動量データを対応させて一時的に記憶しておき、所定数の画像撮像完了後に、各画像データをそれぞれ対応する移動量データに基づいて補正し、補正後の画像データを合成することを特徴とする請求項4から12のいずれかに記載のカメラシステム。

【請求項15】 画像データを一時記憶する際、画像データを圧縮して記憶することを特徴とする請求項14記載のカメラシステム。

【請求項16】 撮像回数に応じて、データ圧縮率、データ圧縮方法及び画像解像度の少なくともいずれかを変更することを特徴とする請求項15記載のカメラシステム。

【請求項17】 複数の画像データを同時に記憶可能なカメラシステムにおいて、1つの基準画像データ以外の画像データを圧縮して、前記基準画像データ容量よりも小さい容量の一時記憶領域に記憶し、撮像条件に応じて少なくとも圧縮方法及び圧縮率のいずれか一方を変更することを特徴とするカメラシステム。

【請求項18】 前記撮像条件は、少なくとも被写体輝度、撮像回数、画像データ読み出し範囲、基準時点から画像を撮像するまでの時間のいずれかであることを特徴とする請求項17記載のカメラシステム。

【請求項19】 複数の画像データを用いて1つの画像を合成するカメラシステムにおいて、第2回目以降に撮像された画像データを撮像の都度補正しつつ、画像合成を行うことを特徴とするカメラシステム。

【請求項20】 被写体の略同一部分を複数回撮像し、得られた複数の画像データを合成して1つの画像を作成するカメラシステムにおいて、各画像データと、当該画像データの撮像に関する所定のデータをセットにして一時的に記憶し、全画像データ撮像後、各画像データの合成を行うことを特徴とするカメラシステム。

【請求項21】 前記所定のデータを用いて各画像データを補正し、補正後の画像データを合成することを特徴とする請求項20記載のカメラシステム。

【請求項22】 前記所定のデータは、最初の画像データを撮像してから第2回目以降の画像データを撮像する

までのカメラの移動量及び移動方向であることを特徴とする請求項 21 記載のカメラシステム。

【請求項 23】 各画像データは、手振れ限界積分時間又はそれよりも短い積分時間で撮像されることを特徴とする請求項 22 記載のカメラシステム。

【請求項 24】 被写体の略同一部分を複数回撮像し、得られた複数の画像データを合成して 1 つの画像を作成するカメラシステムにおいて、第 2 回目以降に撮像された画像データの読み出し範囲を徐々に拡大することを特徴とするカメラシステム。

【請求項 25】 最初の画像データを撮像してから第 2 回目以降の画像データを撮像するまでのカメラの移動量及び移動方向に応じて、画像データ読み出し範囲の中心を順次移動させることを特徴とする請求項 24 記載のカメラシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、CCD (Charge Coupled Device) 等の撮像素子を用い、複数の画像データを用いて 1 つの画像を合成するカメラシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】一般的に、撮像素子を用いて静止画像を得るデジタルカメラにおいて、被写体輝度が低い場合、フラッシュ等を使用せず、撮像素子の電荷蓄積時間（以下、積分時間とする）を長くしたり、撮像素子からの出力信号の増幅率を高くする等して、モニタ画面上に再生される画像の明るさが一定になるように調節している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、積分時間をいわゆる手振れ限界積分時間よりも長くすると、撮像中に撮影者の動きにより撮像素子上に結像されている像の位置が相対的に動き、画像が流れ、いわゆる像流れ状態になる。一方、撮像素子からの出力信号の増幅率を高くする場合、元々撮像素子の各画素に蓄積された電荷量が少なく、S/N が小さい出力信号を高い増幅率で増幅するので、再生された画像にはノイズが多く、画質が低いという問題がある。

【0004】本発明は、上記従来例の問題点を解決するためになされたものであり、被写体輝度が低い場合に、手振れ限界積分時間以下の積分時間で複数の画像を撮像し、得られた画像を合成することにより、像流れを生じることなく、またノイズの小さい高画質の画像を再生しうるカメラシステムを提供することを目的としている。

【0005】また、本発明は、複数の画像を撮像して画像データを一時的に記憶するカメラシステムにおいて、画像データを一時記憶するための記憶容量を大きくすることなく、迅速かつ正確に画像を合成しうるカメラシステムを提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第 1 のカメラシステムは、被写体輝度により決定される適正積分時間が手振れ限界積分時間よりも長くなる場合において、被写体の略同一部分を手振れ限界積分時間又はそれよりも短い制御積分時間で複数回撮像し、得られた複数の画像データを合成して 1 つの画像データを作成し、適正露光画像を得ることを特徴とする。

10 【0007】上記第 1 のカメラシステムにおいて、適正積分時間を $T1$ 、手振れ限界積分時間を $T0$ として、制御積分時間 $T2$ 及び撮像回数 C をそれぞれ、 $C = INT(T1/T0)$ 、 $T2 = T1/C$ で表される値とするように構成しても良い。但し、 INT とは端数を切り上げて整数化することを意味する。

20 【0008】または、 $T3$ を手振れ限界積分時間 $T0$ よりも短い任意の時間として、制御積分時間 $T2$ 及び撮像回数 C をそれぞれ、 $C = INT(T1/T3)$ 、 $T2 = T1/C$ で表される値とするように構成しても良い。但し、 INT とは端数を切り上げて整数化することを意味する。

【0009】また、画像データ補正機能を設け、各画像データの補正を行った後、画像データを合成するように構成しても良い。

【0010】また、画像データの補正は、撮像光学系の光軸を座標軸の 1 つとする直交座標系の各軸回りの回転振れ補正するように構成しても良い。

30 【0011】また、光軸回りの回転振れと、光軸に直交する 2 軸回りの回転振れとをそれぞれ異なった方法で補正するように構成しても良い。

【0012】また、撮像素子は実画面サイズよりも大きな有効範囲を有し、光軸に直交する 2 軸回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、光軸回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により行うように構成しても良い。

40 【0013】また、光軸に直交する 2 軸回りの回転振れ補正のための画像データ読み出し範囲の移動はソフトウェア処理により行い、光軸回りの回転振れ補正のための画像データの回転はハードウェア処理により行うように構成しても良い。

【0014】また、光軸に直交する 2 軸回りの回転振れ補正を行った後、光軸回りの回転振れ補正を行うように構成しても良い。

【0015】または、光軸に直交する 2 軸回りの回転振れ補正及び光軸回りの回転振れ補正を、アフィン変換により同時に行うように構成しても良い。

【0016】また、画像データ読み出し範囲を実画面サイズよりも大きくするように構成しても良い。

50 【0017】また、画像データ読み出し範囲は、撮像回数が增多るごとに、その範囲を広くするように構成して

も良い。

【0018】また、第2回目以降の各画像を撮像する際、最初の画像を撮像した位置からのカメラの移動量を検出し、検出した移動量に基づいて撮像した画像データを補正し、補正後の画像データを合成するように構成しても良い。

【0019】または、第2回目以降の各画像を撮像する際、最初の画像を撮像した位置からのカメラの移動量を検出し、撮像した画像データと当該画像データに対応する移動量データを対応させて一時的に記憶しておき、所定数の画像撮像完了後に、各画像データをそれぞれ対応する移動量データに基づいて補正し、補正後の画像データを合成するように構成しても良い。

【0020】また、画像データを一時記憶する際、画像データを圧縮して記憶するように構成しても良い。

【0021】また、撮像回数に応じて、データ圧縮率、データ圧縮方法及び画像解像度の少なくともいずれかを変更するように構成しても良い。

【0022】一方、本発明の第2のカメラシステムは、複数の画像データを同時に記憶可能なカメラシステムにおいて、1つの基準画像データ以外の画像データを圧縮して、前記基準画像データ容量よりも小さい容量の一時記憶領域に記憶し、撮像条件に応じて少なくとも圧縮方法及び圧縮率のいずれか一方を変更することを特徴とする。

【0023】上記第2のカメラシステムにおいて、前記撮像条件は、少なくとも被写体輝度、撮像回数、画像データ読み出し範囲、基準時点から画像を撮像するまでの時間のいずれかであるように構成しても良い。

【0024】また、本発明の第3のカメラシステムは、複数の画像データを用いて1つの画像を合成するカメラシステムにおいて、第2回目以降に撮像された画像データを撮像の都度補正しつつ、画像合成を行うことを特徴とする。

【0025】さらに、本発明の第4のカメラシステムは、被写体の略同一部分を複数回撮像し、得られた複数の画像データを合成して1つの画像を作成するカメラシステムにおいて、各画像データと、当該画像データの撮像に関する所定のデータをセットにして一時的に記憶し、全画像データ撮像後、各画像データの合成を行うことを特徴とする。

【0026】上記第4のカメラシステムにおいて、前記所定のデータを用いて各画像データを補正し、補正後の画像データを合成するように構成しても良い。

【0027】また、前記所定のデータは、最初の画像データを撮像してから第2回目以降の画像データを撮像するまでのカメラの移動量及び移動方向であるように構成しても良い。

【0028】また、各画像データは、手振れ限界積分時間又はそれよりも短い積分時間で撮像されるように構成

しても良い。

【0029】さらに、本発明の第5のカメラシステムは、被写体の略同一部分を複数回撮像し、得られた複数の画像データを合成して1つの画像を作成するカメラシステムにおいて、第2回目以降に撮像された画像データの読み出し範囲を徐々に拡大することを特徴とする。

【0030】上記第5のカメラシステムにおいて、最初の画像データを撮像してから第2回目以降の画像データを撮像するまでのカメラの移動量及び移動方向に応じて、画像データ読み出し範囲の中心を順次移動させるように構成しても良い。

【0031】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）本発明のカメラシステムの第1の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。まず、第1の実施形態に係るデジタルカメラの構成及び各構成要素の配置を図1に示す。

【0032】カメラボディ100の中央部には撮像レンズ200が設けられている。撮像レンズ200は特に限定されず、カメラボディ100に対して交換可能であっても良いし、固定されていても良い。また、撮像レンズ200の光学系201も特に限定されず、ズームレンズ等のような焦点距離可変式のもの、焦点距離が固定されたもの（単焦点レンズ）、焦点調節可能なもの、焦点が固定されたもの、自動焦点調節可能なもの等、いずれであっても良い。

【0033】撮像レンズ200の光学系201光軸Z（Z軸と称する場合もある）上で、かつ光学系201の焦点位置近傍にはCCD等の固体撮像素子110が設けられている。図3に示すように、撮像素子110は、例えば手振れ補正機能を有するビデオカメラ等に用いられているタイプのものであって、図中一点鎖線で示す実画面サイズ（記録画像サイズ）よりも、実線で示すように上下左右各方向に所定サイズだけ大きい有効領域を有し、かつ任意の範囲を指定して画素データの出力が可能である。なお、図中の数値は撮像素子110の画素数の一例を表す。近年の固体撮像素子の高画素密度化に対応して、150万画素以上の画素数を有するCCDを用いている。また、後述するように、画像データを補正する際、Z軸回りに画像データを回転させる必要があるため、図中点線で示すように、実画面サイズよりも若干広い範囲を画像データとして読み出す。

【0034】露光量調節に関しては、専ら撮像素子110による電荷蓄積時間（積分時間）調節により行う。なお、被写体輝度が一定以上の場合には、光学系201中にNDフィルタを挿入するように構成しても良いし、機械的な絞りを設けても良い。

【0035】カメラボディ100の上面で、かつ撮影者から見て右端近傍には、シャッターリリースボタン101が設けられている。シャッターリリースボタン101には、例えば2段式スイッチS1及びS2が設けられてお

り、第1スイッチS1は、撮影者がシャッターリリースボタン101に指を載せた状態又は途中までシャッターリリースボタン101を押し込んだ状態でオンする。また、第2スイッチS2は、シャッターリリースボタン101を最後まで押し込んだ状態でオンする。

【0036】カメラボディ100には、撮像レンズ200の光学系201の光軸をZ軸とする直交座標系のX軸（水平軸に対応）、Y軸（垂直軸に対応）及びZ軸回りの回転振れ量を検出するためのX軸角速度センサ121、Y軸角速度センサ122、Z軸角速度センサ123が設けられている。角速度センサ121、122、123としては、例えば圧電素子を用いたジャイロ等を使用することができる。

【0037】また、カメラボディ100には、液晶表示素子等を用いたモニタ装置130やメモ리카ードやフロッピーディスク等の記録媒体141に画像データを記録するための記録装置140、CPUやメモリ等で構成された制御回路150が設けられている。モニタ装置130は、専らビューファインダーとして使用され、またカメラボディ100の大きさに制限されるので、例えば2インチサイズで約8万画素程度の液晶表示素子を用いる。

【0038】制御回路150のブロック構成を図2に示す。制御回路150は、被写体輝度を測定するためのシリコンフォトダイオード等からなる測光センサ301を有する。測光センサ301は、撮像レンズ200を透過し、撮像素子110上に結像される被写体像の光量を測定する、いわゆるTTL方式のものであっても良いし、直接被写体からの光を測定するいわゆる外光式のものであっても良い。測光センサ301の出力は積分時間演算部302に入力され、撮像素子110による適正積分時間T1及び手振れ限界積分時間T0が演算される。適正積分時間T1及び手振れ限界積分時間T0が演算されると、これらのデータが撮像回数設定部303に入力され、複数回撮像する必要があるか否か及び複数回撮像する場合の撮像回数が演算され、後述する全体制御部300に出力される。手振れ限界積分時間T0については後述する。

【0039】全体制御部300は、第1の実施形態のデジタルカメラ全体のシーケンスを制御するものであり、積分時間演算部302により演算された適正積分時間T1、手振れ限界積分時間T0及び撮像回数設定部303により設定された撮像回数を用いて撮像素子駆動部304を制御する。撮像素子駆動部304は、撮像素子（CCD）110に対して積分開始信号及び積分終了信号等を出力する。積分開始信号と積分終了信号を出力するタイミングにより、撮像素子110の積分時間が制御される。撮像素子110の積分が完了すると、画像データ読出部305は撮像素子110に対して各画素に蓄積された電荷を転送するための駆動信号を入力し、撮像素

子110から画像データを読み出す。

【0040】画像データ補正部306は、撮像回数設定部303により複数回の撮像が設定された場合に、画像データ読出部305から出力された第2回目以降の撮像データに対して、最初の撮像から第2回目以降の各回の撮像までの間の画像データの補正する。画像データの補正方法に関しては後述する。

【0041】画像データ蓄積部307は、撮像回数設定部303により複数回の撮像が設定された場合に、画像データ読出部305から出力された最初の画像データの上に、画像データ補正部306により補正された第2回目以降の画像データを加算する。すなわち、第1の実施形態では、第2回目以降の画像が撮像されるごとに画像データを補正し、補正された画像データを加算する。画像データ蓄積部307は、所定回数撮像された画像データの加算を完了すると、加算したデータを最終画像データとして、画像データ処理部308及び記録装置140に出力する。

【0042】画像データ処理部308は、画像データ蓄積部307により蓄積された最終画像データをモニタ装置130上に再生するためにNTSC信号やPAL信号に変換し、モニタ装置130に出力する。また、記録装置140は、最終画像データをメモ리카ードやフロッピーディスク等の記録媒体141に記録し、保存する。

【0043】また、圧電素子を用いたジャイロであるX軸角速度センサ121、Y軸角速度センサ122、Z軸角速度センサ123には、それぞれ積分機能及び周波数フィルタ機能等を有するX軸検出処理回路309、Y軸検出回路310、Z軸検出回路311が接続されている。各検出回路309～311からのアナログ出力は手振れ検出部312に入力され、A/D変換された後、それぞれ時系列に比較され、X軸、Y軸及びZ軸周りの回転振れ量として検出され、全体制御部300に入力される。全体制御部300は、手振れ検出部312からの各軸回りの回転振れ量を用いて、画像データ補正部306による手振れ補正を制御する。

【0044】次に、手振れ限界積分時間T0について説明する。例えば、135サイズ銀塩フィルムを用いたカメラでは、手振れ限界積分時間に相当する手振れ限界シャッタ速度として、撮像光学系の焦点距離fの逆数である $1/f$ の値を用いている。例えば、焦点距離 $f=30\text{ mm}$ の場合、手振れ限界シャッタ速度は $1/30$ 秒となる。デジタルカメラの場合も同様であり、撮像素子110のサイズに応じて撮像光学系201の焦点距離fに補正係数kを掛けたものの逆数である $1/k \cdot f$ の値を手振れ限界積分時間T0とする。

【0045】手振れ限界シャッタ速度又は手振れ限界積分時間は、人間の目の分解能から逆算されるものである。すなわち、所定サイズに引き伸ばされたプリント上又はモニタ画面上に再生された画像の像振れ量が人間の

目の分解能以下である場合、像振れを認識することができないので、その画像では手振れが生じていないことになる。これら画像の拡大倍率を考慮すると、フィルム上又は撮像素子110上での手振れ認識が可能な限界像振れ量が求まる。なお、デジタルカメラの場合、撮像素子110の画素ピッチ以下の像振れ量は検出できないので、デジタルカメラにおける手振れ認識可能な限界像振れ量と銀塩フィルムを用いたカメラの限界像振れ量とはその値が若干異なる。

【0046】一方、カメラを手持ち撮影する場合、積分時間にかかわらず、心臓の鼓動等により常に手振れは生じている。手振れは、被写体に対して撮像レンズ200の光学系201が相対的に移動することにより生じる。従って、撮像素子110上の像振れ量は、被写体に対する像倍率、すなわち撮像レンズ200の光学系201の焦点距離 f に比例する。また、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離（像倍率）及び手振れ速度を一定と仮定すると、撮像素子110上の像振れ量は積分時間 T に比例する。従って、像振れ量を D とすると、 $D \propto f \cdot T$ で表される。限界像振れ量 ΔD を一定とすると、手振れ限界積分時間 $T_0 \propto \Delta D / f$ で表される。比例係数（補正係数）を k とすると、上記のように手振れ限界積分時間 $T_0 = 1 / k \cdot f$ となる。

【0047】次に、手振れの種類と像振れ量の関係について、図4及び図5を参照しつつ説明する。図4は、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向に平行な方向に手振れが生じた場合に関する。（a）は手振れがない状態を示し、 L_1 は撮像レンズ200の光学系201の主点から被写体Oまでの距離、 L_2 は光学系201の主点から撮像素子110までの距離を表す。（b）はデジタルカメラ100がX軸方向（水平）に x だけ平行に移動した場合を示す。撮像素子110上における像振れ量 Δx は、 $\Delta x = x \cdot L_2 / L_1$ で表される。 $L_1 \gg L_2$ の場合、像振れ量 Δx はほとんど無視することができる。

（c）はデジタルカメラ100がY軸方向（垂直）に y だけ平行に移動した場合を示す。撮像素子110上における像振れ量 Δy も同様に、 $\Delta y = y \cdot L_2 / L_1$ で表される。 $L_1 \gg L_2$ の場合、像振れ量 Δy もほとんど無視することができる。（d）はデジタルカメラ100がZ軸方向（光軸方向）に z だけ平行に移動した場合を示す。この場合、被写体Oまでの距離 L_1 が $L_1 + z$ に変化し、ぼけの原因となる。しかしながら、 $L_1 \gg L_2$ の場合、撮像素子110上の像はほとんどぼけることなく、また像の大きさもほとんど変化しない。このように、X軸方向及びY軸方向の平行移動の場合、それに起因する像振れは、被写体Oまでの距離 L_1 に反比例し、遠方の被写体に対する像振れはほとんど問題とはならない。また、Z軸方向の平行移動は像振れを起こさない。

【0048】これに対して、図5は、X軸、Y軸及びZ軸の回りに回転振れが生じた場合に関する。（a）はデ

ィジタルカメラ100がX軸方向に θ_x だけ回転した場合を示す。撮像素子110上ではY軸方向の像振れとなって現れ、像振れ量 Δy は、 $\Delta y = L_2 \tan \theta_x$ で表される。（b）はデジタルカメラ100がY軸方向に θ_y だけ回転した場合を示す。撮像素子110上ではX軸方向の像振れとなって現れ、像振れ量 Δx は、 $\Delta x = L_2 \tan \theta_y$ で表される。（c）はデジタルカメラ100がZ軸方向に θ_z だけ回転した場合を示す。撮像素子110上の像は θ_z 回転する。このように、X軸、Y軸、Z軸回りの回転振れは、被写体Oまでの距離に関係なく、直接像振れに影響する。遠方の被写体に対する像振れは、専ら回転振れがその原因である。従って、本実施形態では、X軸、Y軸及びZ軸回りの回転振れ量を検出すべく、X軸角速度センサ121、Y軸角速度センサ122、Z軸角速度センサ123を用いている。

【0049】像振れを防止するには、撮像素子110の積分時間を手振れ限界積分時間 T_0 以下にすれば良い。撮像素子110としてCCDを用いた場合、その感度はISO100のフィルムと同程度である。そこで、撮像素子110の感度をSV5とし、撮像レンズ200の光学系201の開放F値をAV4（F4）、撮像レンズ200の撮像光学系201の焦点距離 $f = 30 \text{ mm}$ 、補正係数 $k = 1$ とする。この場合、手振れ限界積分時間 $T_0 = TV5$ （1/30秒）である。

【0050】ここで、被写体輝度をBV5と仮定すると、その被写体に適した露光量EVは、 $EV = BV + SV$ であるので、EV10となる。また、 $EV = AV + TV$ であるので、適正積分時間 T_1 はTV6（1/60秒）となり、手振れは生じない。これから逆算すると、被写体輝度がBV4までは手振れが生じないことになる。

【0051】一方、被写体輝度がBV4以下の場合（例えば、BV3とする）、適正積分時間 $T_1 = TV4$ （1/15秒）となり、手持ち撮影では手振れが生じる可能性が極めて高くなる。そこで、本発明のデジタルカメラでは、このような手持ち撮影で手振れが生じる可能性がある場合に、手振れを防止すべく第1及び第2の手振れ防止撮像機能が設けられている。

【0052】第1の手振れ防止撮像は、モニタ装置130にモニタ画像を表示するだけで、撮像した画像を記録しないモードにおける手振れ防止に関する。

【0053】前述のように、撮像素子110の実画面サイズは140万画素であるが、モニタ装置130の画素は約8万画素しかない。従って、モニタ装置130に画像を表示するだけであれば、撮像素子110の画素のうち、縦方向に4個及び横方向に4個の合計16個の画素データのうちの1つの画素データがあればよい。そこで、第1の手振れ防止撮像機能では、撮像素子110の各画素データを加算処理せずにそのまま出力する画素不加算モードと、隣接する2つの画素データを加算して1つの

画素データとして出力する2画素加算モードと、隣接する上下左右合計4個の画素データを加算して1つの画素データとして出力する4画素加算モードの3つの撮像素子制御モードを用意している。

【0054】画素不加算モードの場合、撮像素子110の各画素の電荷量がそのまま画素データとして出力される。2画素加算モードの場合、隣接する2つの画素の電荷量が加算されるので、画像データ数は1/2になるが、個々の画像データの感度は約2倍になる。すなわち、2画素加算モードを選択した場合、画素密度が1/2で、かつ感度が2倍の撮像素子を用いるのと等価であり、適正露光時間T1が1/2になる。同様に、4画素加算モードの場合、隣接する上下左右合計4個の画素の電荷量が加算されるので、画素データ数が1/4になるが、個々の画像データの感度は約4倍になる。すなわち、4画素加算モードを選択した場合、画素密度が1/4で、かつ感度が4倍の撮像素子を用いるのと等価であり、適正露光時間T1が1/4になる。

【0055】適正積分時間T1が手振れ限界積分時間T0と等しいかそれよりも短い場合、適正積分時間T1で撮像した画像に手振れは生じないので、画素不加算モードを選択する。一方、適正積分時間T1が手振れ限界積分時間T0よりも長い場合、適正積分時間T1と手振れ限界積分時間T0の比に応じて2画素加算モード又は4画素加算モードのいずれかを選択する。上記具体例では、2画素加算モードを選択した場合、被写体輝度がBV3でも手振れは生じない。また、4画素加算モードを選択した場合、被写体輝度がBV2でも手振れは生じない。

【0056】なお、本実施形態では4画素加算モードまでしか予定していないが、8画素加算モードや16画素加算モードを設定しても良い。4画素加算モードでも対応できない場合、後述するように、4画素加算モードで撮像した複数の画像データを合成して1つの画像データを得るように構成しても良い。

【0057】第2の手振れ防止撮像は、記録媒体等に画像データを記録し、マイクロコンピュータ等を介してプリンタ等に出力するモードにおける手振れ防止に関する。すなわち、第2の手振れ防止撮像は、手振れがなく、かつ高画質の画像を得ることを目的としているので、上記第1の手振れ防止撮像における画素不加算モードで、かつ手振れ限界積分時間T0かそれよりも短い積分時間で撮像した複数の画像データを合成して1つの最終画像データを得る。さらに、最初の画像を撮像してから、第2回目以降の各画像の撮像までの間に、カメラの位置が動いているので、第2回目以降の画像データを補正し、最初の画像データに加算していく。

【0058】なお、第2の手振れ防止撮像においても、個々の画像は手振れ限界積分時間か又はそれよりも短い積分時間で撮像されるので、露光不足状態ではあるけれ

ども、像振れ(手振れ)はない。また、最初に撮像した画像を基準として、第2回目以降に撮像された画像の位置を補正して画像合成を行うので、厳密には撮像素子110から読み出された画像の位置補正であって、手振れ限界積分時間で撮像し、手振れが生じた画像の補正(手振れ補正)とはその意味合いが異なる。

【0059】基本動作シーケンス(メインルーチン)

次に、第1の実施形態に係るデジタルカメラの基本動作シーケンスについて、図6～7に示すフローチャートを用いて説明する。

【0060】まず、カメラボディ100のメインスイッチ(図示せず)がオンされると、全体制御部300は、撮像素子110の初期化や撮像レンズ200の撮影可能状態設定等の起動処理を行う(ステップ#10)。次に、全体制御部300は、メインスイッチがオフされたか否かを判断し(ステップ#15)、メインスイッチがオンされ続けている場合、シャッターリリースボタン101の第1スイッチS1がオンしているか否かを判断する(ステップ#20)。第1スイッチS1がオフの場合(ステップ#20でNO)、全体制御部300は、電源スイッチオンから一定時間経過したか否かを判断し(ステップ#25)、一定時間第1スイッチS1がオンされない場合(ステップ#25でYES)、電池消費を防止するため、全体制御部300は、ステップ#95の終了処理にジャンプする。また、ステップ#15においてメインスイッチがオフされた場合もステップ#95の終了処理にジャンプする。

【0061】ステップ#25で一定時間が経過していない場合、全体制御部300は、メインスイッチオンを確認しながら第1スイッチS1がオンされるのを待つ。前述のように、第1スイッチS1はシャッターリリースボタン101に指を載せた状態又はシャッターリリースボタンを途中まで押し込んだ状態でオンするので、第1スイッチS1のオンにより、ユーザーが撮影状態に入っていることがわかる。

【0062】第1スイッチS1がオンされると(ステップ#20でYES)、全体制御部300は次に、シャッターリリースボタン101の第2スイッチS2がオンされたか否かを判断する(ステップ#30)。第2スイッチS2がオンされた場合、ユーザーは記録保存用の画像の撮像を指示しているので、ステップ#50にジャンプして上記第2の手振れ防止撮像により撮像を行う。

【0063】一方、第2スイッチS2がオンされていない場合(ステップ#30でNO)、ユーザーはモニタ用の画像を求めているので、モニタ用の画像を撮像するために、積分時間演算部302は、測光センサ301の出力信号から被写体輝度を測定し(ステップ#35)、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離f及び絞り値(Fナンバー)から、適正積分時間T1及び手振れ限界積分時間T0を演算する(ステップ#40)。

【0064】適正積分時間 T_1 及び手振れ限界積分時間 T_0 が演算されると、全体制御部300はこれらの値に応じて、上記第1の手振れ防止撮像における画素不加算モード、2画素加算モード又は4画素加算モードのいずれかの撮像モードを選択し（ステップ#45）、そのモードに従って手振れ防止撮像を行う（ステップ#50）。

ステップ#45におけるモード選択及びステップ#50における手振れ防止撮像の詳細は後述する。ステップ#50における手振れ防止撮像により手振れの無い画像が撮像されると、全体制御部300は、画像データ蓄積部307や画像データ処理部308を制御してモニタ装置130の画面上に再生する（ステップ#55）。

【0065】次に、全体制御部300は、シャッターリリースボタン101の第2スイッチ S_2 がオンされたか否かを判断する（ステップ#60）。第2スイッチ S_2 がオンされるまで、上記ステップ#15～#50を繰り返す。第2スイッチ S_2 がオンされると、ユーザーは記録用の画像を求めているので、ステップ#35において既に被写体輝度が測定されている場合であっても、積分時間演算部302は、改めて測光センサ301の出力信号から被写体輝度を測定し（ステップ#65）、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離 f 及び絞り値（ F ナンバー）から、適正積分時間 T_1 、手振れ限界積分時間 T_0 、撮像回数 C 及び制御積分時間 T_2 を演算する（ステップ#70）。

一例として、撮像回数 C は、適正積分時間 T_1 を手振れ限界積分時間 T_0 で割ったものを整数化したもの、すなわち $T_2 = \text{INT}(T_1/T_0)$ である。また、制御積分時間 T_2 は、適正積分時間 T_1 を撮像回数 C で割ったものとする。この場合、 $T_2 \approx T_0$ となる。なお、制御積分時間 T_2 はこれに限定されず、手振れ限界積分時間 T_0 以下であれば良い。従って、例えば、 $T_2 = T_1/(C+j)$ 、（但し、 j は1以上の任意の整数）又は $T_2 = T_1/j \cdot C$ 、（但し、 j は1以上の任意の数）としても良い。

【0066】撮像回数 C 及び制御積分時間 T_2 が演算されると、全体制御部300は、上記第2の手振れ防止撮像手順に従って手振れ防止撮像を行う（ステップ#75）。ステップ#75における手振れ防止撮像の詳細は後述する。ステップ#75において、振れの無い画像が撮像されると、記録装置140は、最終画像データを記憶媒体141に記録する（ステップ#80）。なお、最終画像データをモニタ装置130に再生しても良い。

【0067】最終画像データが記録されると、全体制御部300はシャッターリリースボタン101の第1スイッチ S_1 がオフされたか否か、すなわちユーザーがシャッターリリースボタン101から指を離れたか否かを判断する（ステップ#85）。第1スイッチ S_1 がオンのままの場合（ステップ#85でNO）、ユーザーは続けて画像を撮像する意思があるので、ステップ#30に戻って次の撮像に備える。

【0068】第1スイッチがオフされた場合（ステップ#85でYES）、全体制御部300はメインスイッチがオフされたか否かを判断する（ステップ#90）。メインスイッチがオンのままの場合（ステップ#90でNO）、ステップ#20に戻って第1スイッチ S_1 がオンされるのを待つ。一方、メインスイッチがオフされた場合（ステップ#90でYES）、撮像素子110や撮像レンズ200を待機状態にする等の終了処理を行い（ステップ#95）、撮像を終了する。

10 【0069】モード選択サブルーチン

次に、ステップ#45におけるモード選択サブルーチンの詳細について、図8に示すフローチャートを参照しつつ説明する。

【0070】まず、シャッターリリースボタン101の第1スイッチ S_1 がオンしているが第2スイッチ S_2 がオンしていない場合、積分時間演算部302は、適正積分時間 T_1 が手振れ限界積分時間 T_0 以下であるか否かを判断する（ステップ#100）。

20 【0071】適正積分時間 T_1 が手振れ限界積分時間 T_0 以下である場合（ステップ#100でYES）、そのまま適正積分時間 T_1 で撮像素子110を駆動しても手振れの無い適正な画像が得られる。そこで、全体制御部300は、画素不加算モードを選択し（ステップ#115）する。さらに、撮像回数設定部303は、撮像回数 C として、演算を行うことなく $C=1$ を設定する（ステップ#120）。これと並行して、積分時間演算部302は、適正積分時間 T_1 を制御積分時間 T_2 として（ $T_2 = T_1$ ）設定する（ステップ#125）。

30 【0072】適正積分時間 T_1 が手振れ限界積分時間 T_0 よりも長い場合、適正積分時間 T_1 で撮像すると手振れが生じる可能性が高いため、積分時間演算部302は、適正積分時間 T_1 が手振れ限界積分時間 T_0 の2倍の積分時間 $2 \cdot T_0$ 以下であるか否かを判断する（ステップ#130）。

40 【0073】適正積分時間 T_1 が手振れ限界積分時間 T_0 の2倍の積分時間 $2 \cdot T_0$ 以下の場合（ステップ#130でYES）、2画素加算モードで撮像することにより、手振れがなく、かつ適正な露光量の画像が得られる。そこで、全体制御部300は、2画素加算モードを選択する（ステップ#135）。さらに、撮像回数設定部303は、撮像回数 C として、演算を行うことなく $C=1$ を設定する（ステップ#140）。これと並行して、積分時間演算部302は、適正積分時間 T_1 の $1/2$ の積分時間を制御積分時間 T_2 として（ $T_2 = T_1/2$ ）設定する（ステップ#145）。

50 【0074】一方、適正積分時間 T_1 が手振れ限界積分時間 T_0 の2倍の積分時間 $2 \cdot T_0$ よりも長い場合（ステップ#130でNO）、上記2画素加算モードで撮像しても、なお手振れが生じる可能性が高い。そこで、全体制御部300は、4画素加算モードを選択する（ステ

ップ#150)。本実施形態では、4画素加算モードまでしか用意していないため、4画素加算モードで撮像しても1回の撮像で適正な露光量の画像が得られるとは限らない。そこで、撮像回数設定部303は、適正積分時間 T_1 及び手振れ限界積分時間 T_0 に基づいて、撮像回数 C を演算する(ステップ#155)。撮像回数 C は整数であるので、適正積分時間 T_1 を手振れ限界積分時間 T_0 で割ったものを切り上げて整数化する。なお、適正積分時間 T_1 が手振れ限界積分時間 T_0 の4倍の積分時間 $4 \cdot T_0$ 以下の場合、1回の撮像により、手振れがなくかつ適正な露光量の画像が得られるので、 $C=1$ が設定される。次に、撮像回数 C が設定されると、積分時間演算部302は、適正積分時間 T_1 を撮像回数 C で割ったものを制御積分時間 T_2 として($T_2=T_1/C$)設定する(ステップ#160)。

【0075】以上のように、撮像モード、撮像回数及び制御積分時間 T_2 が設定されると、モード選択サブルーチンを終了し、図9～10に示す手振れ防止撮像サブルーチンに移行する。図6～7のステップ#50における手振れ防止撮像サブルーチンとステップ#75における手振れ防止撮像サブルーチンは基本的に同じであるので、両者をあわせて説明する。

【0076】手振れ防止撮像サブルーチン

次に、ステップ#50又は#75における手振れ防止撮像サブルーチンを図9～10に示す。まず、手振れ防止撮像サブルーチンを開始すると、全体制御部300は、検出モードを設定する(ステップ#200)。

【0077】第1の手振れ防止撮像では、モニタ装置130上に表示するための画像を得ることを目的としているので、完璧な画像データ補正は必要なく、高周波のみの補正で表示上の効果は充分である。また、高周波のみを補正するので、後述する撮像素子110の画像読み出し位置が撮像素子110の周辺に近付きすぎることなく、後にシャッターリリースボタン101の第2スイッチ S_2 がオンされ、記録用の画像を撮像する場合に、画像データ補正できない状態を回避することができる。従って、高周波成分(5～20Hz)のみを補正すべく、検出モードとして高周波モードを選択する。

【0078】一方、第2の手振れ防止撮像の場合、記録用の画像データを取り込むので、低周波から高周波まで全域(0.1～20Hz)での最高の画像データ補正を行う必要がある。そのため、検出モードとして全域(低周波)モードを選択する。なお、低周波を0.1Hzからとしているのは、角速度センサ121～123の有するDCドリフト誤差の影響を受けないようにするためである。なお、人がカメラを手持ちで撮像する場合、0.1～20Hz程度の振れを検出すれば充分であり、それ以外の周波数はノイズと考えてカットすればよい。

【0079】検出モードが設定されると、全体制御部300は、撮像回数計数用のカウンタ n をリセット($n=$

0)し(ステップ#205)、撮像素子駆動部304を制御して撮像素子110の積分(撮像)を開始する(ステップ#210)。撮像素子110の積分を開始すると、積分開始からの時間が上記設定された制御積分時間 T_2 に達したか否か、すなわち積分が終了したか否かを判断する(ステップ#215)。

【0080】撮像素子110の積分が終了すると、手振れ検出部312は、手振れ検出の初期データを取り込む(ステップ#220)。具体的には、X軸角速度センサ121、Y軸角速度センサ122、Z軸角速度センサ123による各軸の回りの回転量(アナログデータ)を、X軸検出処理回路309、Y軸検出処理回路310、Z軸検出処理回路311によりそれぞれA/D変換し、 $d_{etx}(0)$ 、 $d_{ety}(0)$ 、 $d_{etz}(0)$ としてメモリに記憶する。

【0081】これと並行して、全体制御部300は、画像データ読出部305を制御して、撮像素子110からの画像データを読み出し(ステップ#225)、撮像素子110の画面中央位置($x=0$ 、 $y=0$)のデータを取り込む(ステップ#230)。読み出した画像データは最初の画像データであるので、画像データ補正部306による画像データの補正を行わずに、読み出した画像データ(現在画像データ)を画像データ蓄積部307に転送し、記憶(蓄積)する(ステップ#235)。

【0082】画像データを画像データ蓄積部307に記憶すると、全体制御部300は、カウンタ n のカウント数を1つ進め(ステップ#240)、撮像回数 n が設定された撮像回数 C に達したか否かを判断する(ステップ#245)。この場合、最初の撮像であり、 $n=1$ である。少なくとも2回以上撮像する場合(ステップ#245でNO)、全体制御部300は、撮像素子制御部304を制御して、撮像素子110による第2回目の画像の積分(撮像)を開始する(ステップ#250)。撮像素子110の積分を開始すると、積分開始からの時間が上記設定された制御積分時間 T_2 に達したか否か、すなわち積分が終了したか否かを判断する(ステップ#255)。

【0083】撮像素子110の積分が終了すると、手振れ検出部312は、手振れ検出データ $d_{etx}(n)$ 、 $d_{ety}(n)$ 、 $d_{etz}(n)$ (この場合、 $n=1$)を取り込む(ステップ#260)。手振れ検出データを取り込むと、全体制御部300は、先に取り込んでおいた手振れ検出初期データを用いて手振れ量 Δd_{etx} 、 Δd_{ety} 、 Δd_{etz} を算出する(ステップ#265)。手振れ量の算出は以下の式に従う。

【0084】

$$\Delta d_{etx} = d_{etx}(n) - d_{etx}(0)$$

$$\Delta d_{ety} = d_{ety}(n) - d_{ety}(0)$$

$$\Delta d_{etz} = d_{etz}(n) - d_{etz}(0)$$

手振れ量を算出すると、全体制御部300は、振れ検出

量から振れ補正量に変換するための計数変換を行う（ステップ#270）。計数変換は以下の式に従う。

$$[0085] \quad p_x = a_x \cdot \Delta dety$$

$$p_y = a_y \cdot \Delta detx$$

$$degz = az \cdot \Delta detz$$

但し、 a_x はY軸回りの回転振れ量 $\Delta dety$ からX軸方向の画像読み出し位置 p_x を算出するための変換係数、 a_y はX軸回りの回転振れ量 $\Delta detx$ からY軸方向の画像読み出し位置 p_y を算出するための変換係数、 az はZ軸回りの回転振れ量 $\Delta detz$ からZ軸回りの画像回転量 $degz$ を算出するための変換係数である。

【0086】計数変換が完了すると、画像データ補正部306は、撮像素子110から画像データを読み出す範囲を補正するためのX方向及びY方向の位置補正データ p_x 及び p_y を読み出し（ステップ#275）、画面中心を補正位置に移動させた後、画像データ読出部305を制御して、撮像素子110上の所定範囲の画素データ（各画素の電荷量）を画像データとして読み出す（ステップ#280）。

【0087】所定範囲の画像データが読み出されると、画像データ補正部306は、Z軸回りの画像回転量 $degz$ を用いて、読み出した画像データを $-degz$ 分回転させる（ステップ#285）。この画像データ補正処理により、最初に撮像した画像データに対して、第2回目に撮像した画像データは、ユーザーの手振れによるカメラの移動量が補正された画像データとなる。補正された画像データは、画像データ蓄積部307に蓄積される（ステップ#290）。このように、画像データを逐次補正しながら画像データ蓄積部307に蓄積することにより、補正前の画像データを一時的に記憶するための一時記憶メモリが不要となる。また、画像データの処理速度が速い場合、画像撮像後、モニタ装置130に画像が再生されるまでの待ち時間がほとんどないというメリットを有する。

【0088】補正された画像データを蓄積すると、ステップ#240に戻って、カウンタ n のカウント数を1つ進め、撮像回数 n が設定された撮像回数 C に達したか否かを判断する（ステップ#245）。撮像回数 n が設定された撮像回数 C に達するまで、ステップ#250～#290を繰り返す。撮像回数 n が設定された撮像回数 C に達すると、画像データ蓄積部307には、適正露光量の画像データ（電荷量）が蓄積されているので、手振れ防止撮像ルーチンを終了し、ステップ#55の画像再生サブルーチンか又はステップ#80の画像データ記録サブルーチンに移行する。

【0089】ここで、ステップ#275～#285における画像データ補正処理を図11（a）及び図11

（b）に示す。図11（a）中、点S1は最初に撮像された画像における画面中心を表し、点S2は第2回目に撮像された画像における画面中心を表す。また、点S1

上の十字は最初に撮像された画像中のX軸方向及びY軸方向の空間周波数成分を表し、点S2上の十字は点S1上の十字がZ軸回りに回転したものを表す。

【0090】図11（a）からわかるように、最初の撮像から第2回目の撮像までの間に、カメラがX軸回り及びY軸回りに回転振れすることにより、撮像素子110上の画像がX軸方向及びY軸方向にそれぞれ（ p_x , p_y ）だけ平行移動している。また、Z軸回りの回転振れにより画像がZ軸回りに $degz$ 回転している。なお、図11（a）中点線で示す領域R1、R2は、それぞれ点S1、S2を中心とする読み出し画像サイズを表す。領域R2をX軸方向及びY軸方向にそれぞれ（ $-p_x$, $-p_y$ ）平行移動させると、領域R2と領域R1が完全に重複する（自明につき図示せず）。しかしながら、領域R2の画像は領域R1の画像に対してZ軸回りに $degz$ だけ回転したままであり、両者をそのまま合成することはできない。

【0091】そこで、図11（b）に示すように、点S2を点S1上に移動させた状態で、領域R2を点S2を中心として $-degz$ 回転させる。このように画像データの読み出し位置をX軸方向及びY軸方向に平行移動させ、かつ読み出した画像データをZ軸回りに回転させることにより、第2回目の撮像による画像を最初に撮像した画像上に完全に一致するように合成することができ。さらに、回転させた領域R2と領域R1の重複部分は、1点鎖線で示す実画面サイズ R_0 よりも大きいので、合成した画像の周辺部においても、画像データの欠けや露光量むら等は生じない。

【0092】なお、X軸方向及びY軸方向の補正は、撮像素子110からの画像データの読み出し領域R2をX軸方向及びY軸方向に平行移動させることにより可能であり、データを読み出すべき画素のX軸方向及びY軸方向のアドレスにそれぞれ移動量に応じた一定画素数を一律に加算又は減算する等のソフトウェア処理により、比較的容易に対処することができる。一方、Z軸回りの回転補正をソフトウェアで処理しようとする、回転中心に対する画素の距離に応じて、画素のアドレスに加算又は減算すべき画素数が変化するため、処理が非常に複雑となり、また処理時間が非常に長くなる。そのため、Z軸回りの回転補正に関しては、専用のIC等を用いてハードウェア的に処理することが望ましい。

【0093】また、X軸方向及びY軸方向の補正とZ軸回りの回転補正をそれぞれ独立して行う場合、画像データ補正の順序としては、上記のようにX軸方向及びY軸方向の補正を行った後、Z軸回りの回転補正を行うことが望ましい。その理由は、Z軸回りの回転補正を専用のICを用いてハードウェア的に処理する場合、画面中心S1の回りにしか回転させることができない。もし、先にZ軸回りの回転補正を行い、その後X軸方向及びY軸方向の補正を行うとすれば、図12に示すように、点S

2が点S1の位置には重ならず、画像合成を行うことができない。

【0094】図12(a)は、図11(a)に示す点S1、S2及びそれらの上の十字を拡大誇張して描いたものである。また、点S2'及び1点鎖線で示す十字は、点S2及びその上の十字を画面中心である点S1の回りに $-degz$ 回転させたものである。図12(b)中2点鎖線点S''で示す十字は、図12(a)における点S2'からX軸方向及びY軸方向に $(-px, -py)$ 平行移動させた状態を示す。図からわかるように、先にZ軸回りの回転補正を行い、後からX軸方向及びY軸方向の平行移動を行うと、点S2の写像は点S1には重ならず、点S1とは異なる位置に移動する。このように補正された画像を無理に合成すると、X軸方向及びY軸方向にずれた画像(2線ぼけしたような画像)が得られる。従って、上記のように画像補正を行う順序は重要である。

【0095】画像再生サブルーチン

次に、図6~7におけるステップ#55の画像再生サブルーチンを図13に示す。前述のように、撮像素子110の実画面サイズに相当する画素数は約140万画素である。これに対して、モニタ装置130の画素数は約8万画素である。従って、画像再生に当たり、撮像素子110の16個の画素データから表示用の1つの画素データを作成すればよい。

【0096】ステップ#50において画像データが得られると、画像データ処理部308は、ステップ#45において選択された撮像モードが4画素加算モードか否かを判断する(ステップ#300)。4画素加算モードが選択されている場合(ステップ#300でYES)、画像データ処理部308は4画素加算モードを選択し(ステップ#305)、以下のような画像データ処理を行い、表示用画像データを作成する。

【0097】ステップ#50において画像データ蓄積部307の各画素に蓄積されている画像データ(電荷量)は、上下左右に隣接する4画素分を加算してちょうど適正な露光量となる。従って、画像データ処理部308は、画像データ蓄積部307に蓄積されている画像データを読み出し(ステップ#310)、モニタ装置130の1画素に対応する撮像素子110の16個の画素データから上下左右に隣接する4個の画素データを読み出して加算するか、あるいは、16個の画素データを全て加算した後、それを $1/4$ にして、1画素分の表示用画素データを作成する。この処理を約8万画素全てについて実行し、表示用画像データを作成する(ステップ#315)。

【0098】ステップ#45において、4画素加算モードが選択されていない場合(ステップ#300でNO)、画像データ処理部308は、ステップ#45において選択された撮像モードが2画素加算モードか否かを

判断する(ステップ#320)。2画素加算モードが選択されている場合(ステップ#320でYES)、画像データ処理部308は2画素加算モードを選択し(ステップ#325)、以下のような画像データ処理を行い、表示用画像データを作成する。

【0099】ステップ#50において画像データ蓄積部307の各画素に蓄積されている画像データ(電荷量)は、左右に隣接する2画素分を加算してちょうど適正な露光量となる。従って、画像データ処理部308は、画像データ蓄積部307に蓄積されている画像データを読み出し(ステップ#330)、モニタ装置130の1画素に対応する撮像素子110の16個の画素データから左右に隣接する2個の画素データを読み出して加算するか、あるいは、16個の画素データを全て加算した後、それを $1/8$ にして、1画素分の表示用画素データを作成する。この処理を約8万画素全てについて実行し、表示用画像データを作成する(ステップ#335)。

【0100】ステップ#45において、画素不加算モードが選択されている場合(ステップ#320でNO)、画像データ処理部308は画素不加算モードを選択し(ステップ#340)、以下のような画像データ処理を行い、表示用画像データを作成する。

【0101】ステップ#50において画像データ蓄積部307の各画素に蓄積されている画像データ(電荷量)は、ちょうど適正な露光量となっている。従って、画像データ処理部308は、画像データ蓄積部307に蓄積されている画像データを読み出し(ステップ#345)、モニタ装置130の1画素に対応する撮像素子110の16個の画素データからいずれかの画素データを読み出すか、あるいは、16個の画素データを全て加算した後、それを $1/16$ にして、1画素分の表示用画素データを作成する。この処理を約8万画素全てについて実行し、表示用画像データを作成する(ステップ#350)。

【0102】表示用画像データが作成されると、表示用画像データを表示用データメモリに記憶し(ステップ#355)、NTSC信号やPAL信号又はRGB各色のデジタル信号に変換した後、一定間隔でモニタ装置130に出力する(ステップ#360)。これにより、画像表示サブルーチンを終了する。

【0103】画像データ記録サブルーチン

次に、図6~7におけるステップ#80の画像データ記録サブルーチンを図14に示す。ステップ#75で記録用の画像データが画像データ蓄積部307に蓄積されると、全体制御部300は記録装置140を制御して、画像データ蓄積部307に蓄積されている画像データを読み出し(ステップ#400)、読み出した画像データを間引いて、表示用又は画像内容確認用のサムネル画像データ(例えば、縦100画素、横140画素)を作成する(ステップ#405)。さらに、読み出した画像デー

タを、例えばJ P E G圧縮等を用いてデータ圧縮する（ステップ#410）。

【0104】さらに、ファイルネーム、画像の解像度、圧縮率等の所定のヘッダデータを作成し（ステップ#415）、ヘッダデータ、サムネル画像データ及び品画像データを合成して1つのファイルとし（ステップ#420）、合成したデータを記録媒体141（図1参照）に記録し（ステップ#425）、画像データ記録サブルーチンを終了する。

【0105】（第2の実施形態）次に、本発明のカメラシステムの第2の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。なお、第2の実施形態に係るデジタルカメラの構成及び各構成要素の配置は第1の実施形態の場合とほぼ同様であるため、共通する部分の説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0106】第2の実施形態に係るデジタルカメラの制御回路150のブロック構成を図15に示す。

【0107】上記第1の実施形態では、第2回目以降の画像を撮像することにより画像データ補正部306により画像データを補正し、補正した画像データを画像データ蓄積部307に蓄積するように構成した。一方、第2の実施形態では、第2回目以降の画像を撮像すると、当該画像データを画像データ一時記憶部314に一時的に記憶すると共に、各画像を撮像した時点における手振れ検出結果も手振れ検出結果記憶部313に記憶する。

【0108】所定数の撮像が完了すると、全体制御部300は、手振れ検出結果記憶部313に記憶されている手振れ検出データを用いて画像データ補正部306を制御し、第2回目以降に撮像した画像の画像データ補正を行い、画像データ蓄積部307に記憶されている最初の画像データ上に蓄積していく。

【0109】次に、制御回路150のうち、画像データ補正に関する主要部分の構成を図16に示す。手振れ検出結果記憶部313及び画像データ一時記憶部314は、それぞれ複数撮像される画像データに対応して、複数の記憶領域313a、314aが割り当てられている。撮像素子110により画像が撮像されるごとに、画像データは、画像データ一時記憶部314の撮像番号に対応する記憶領域に314aに、また当該画像を撮像したときの手振れ検出結果は、手振れ検出結果記憶部313の撮像番号に対応する記憶領域313aにそれぞれ記憶される。

【0110】手振れ検出結果に関するデータは、それほど大きな容量を必要としないが、余裕を持って、手振れ検出結果記憶部313の各記憶領域313aを大きめに確保することが好ましい。例えば、露光量EV値で3段分の手振れ防止を行う場合、 $2^3 = 8$ 回分のデータを記憶できるように8領域設定する。なお、手振れ防止の段数及び記憶領域数はこれに限定されず、目標とする手振れ防止段数に応じて適宜設定すればよい。

【0111】画像データ一時記憶部314も、手振れ防止段数に応じて、手振れ検出結果記憶部313の記憶領域313aと同数の記憶領域314aが設けられている。本実施形態の場合、撮像素子110により撮像された1つの画像データを記憶するのに必要なメモリ容量は約1.9MB（メガバイト）である。従って、上記数値例による最大8回分の画像データを、データ圧縮せずに保存しようとする、非常に大きなメモリ容量を必要とし、デジタルカメラのコストアップの要因となる。従って、必要に応じて、画像データを圧縮して保存することが好ましい。画像データの圧縮に関しては後述する。

【0112】画像データ補正部306は、アフィン変換部306aと読出領域設定部306bとからなる。第2の実施形態では、画像データ補正方法として、X軸、Y軸及びZ軸回りの回転振れを同時に補正するアフィン変換を行う。アフィン変換の詳細は後述する。また、撮像素子110の各画素データの内、画像データとして読み出す方法に関しても後述する。

【0113】基本動作シーケンス（メインルーチン）

次に、第2の実施形態に係るデジタルカメラの基本動作シーケンスについて、図17～18に示すフローチャートを用いて説明する。

【0114】まず、カメラボディ100のメインスイッチ（図示せず）がオンされると、全体制御部300は、撮像素子110の初期化や撮像レンズ200の撮影可能状態設定等の起動処理を行う（ステップ#10）。次に、全体制御部300は、メインスイッチがオフされたか否かを判断し（ステップ#15）、メインスイッチがオンされ続けている場合、シャッターリリースボタン101の第1スイッチS1がオンしているか否かを判断する（ステップ#20）。第1スイッチS1がオフの場合（ステップ#20でNO）、全体制御部300は、電源スイッチオンから一定時間経過したか否かを判断し（ステップ#25）、一定時間第1スイッチS1がオンされない場合（ステップ#25でYES）、電池消費を防止するため、全体制御部300は、ステップ#95の終了処理にジャンプする。また、ステップ#15においてメインスイッチがオフされた場合もステップ#95の終了処理にジャンプする。

【0115】ステップ#25で一定時間が経過していない場合、全体制御部300は、メインスイッチオンを確認しながら第1スイッチS1がオンされるのを待つ。前述のように、第1スイッチS1はシャッターリリースボタン101に指を載せた状態又はシャッターリリースボタンを途中まで押し込んだ状態でオンするので、第1スイッチS1のオンにより、ユーザーが撮影状態に入っていることがわかる。

【0116】第1スイッチS1がオンされると（ステップ#20でYES）、全体制御部300は次に、シャッターリリースボタン101の第2スイッチS2がオンさ

れたか否かを判断する（ステップ#30）。第2スイッチS2がオンされた場合、ユーザーは記録保存用の画像の撮像を指示しているので、ステップ#50にジャンプして上記第2の手振れ防止撮像により撮像を行う。

【0117】一方、第2スイッチS2がオンされていない場合（ステップ#30でNO）、ユーザーはモニタ用の画像を求めているので、モニタ用の画像を撮像するために、積分時間演算部302は、測光センサ301の出力信号から被写体輝度を測定し（ステップ#35）、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離 f 及び絞り値（Fナンバー）から、適正積分時間 $T1$ 及び手振れ限界積分時間 $T0$ を演算する（ステップ#40）。

【0118】適正積分時間 $T1$ 及び手振れ限界積分時間 $T0$ が演算されると、全体制御部300はこれらの値に応じて、上記第1の手振れ防止撮像における画素不加算モード、2画素加算モード又は4画素加算モードのいずれかの撮像モードを選択する（ステップ#45）。撮像モードが選択されると、特に4画素加算モードが選択されると複数の画像を撮像するので、画像データ一時記憶部314のメモリ容量や撮像回数から、画像データ圧縮を行うか否か及び画像データ圧縮方法等の画像データ記録設定を行う（ステップ#47）。画像データ記録設定されると、ステップ#45で設定されたモードに従って手振れ防止撮像を行う（ステップ#50）。ステップ#45におけるモード選択及びステップ#50における手振れ防止撮像の詳細は後述する。ステップ#50における手振れ防止撮像により手振れの無い画像が撮像されると、全体制御部300は、画像データ蓄積部307や画像データ処理部308を制御してモニタ装置130の画面上に再生する（ステップ#55）。

【0119】次に、全体制御部300は、シャッターリリースボタン101の第2スイッチS2がオンされたか否かを判断する（ステップ#60）。第2スイッチS2がオンされるまで、上記ステップ#15～#50を繰り返す。第2スイッチS2がオンされると、ユーザーは記録用の画像を求めているので、ステップ#35において既に被写体輝度が測定されている場合であっても、積分時間演算部302は、改めて測光センサ301の出力信号から被写体輝度を測定し（ステップ#65）、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離 f 及び絞り値（Fナンバー）から、適正積分時間 $T1$ 、手振れ限界積分時間 $T0$ 、撮像回数 C 及び制御積分時間 $T2$ を演算する（ステップ#70）。一例として、撮像回数 C は、適正積分時間 $T1$ を手振れ限界積分時間 $T0$ で割ったものを整数化したもの、すなわち $T2 = INT(T1/T0)$ である。また、制御積分時間 $T2$ は、適正積分時間 $T1$ を撮像回数 C で割ったものとする。この場合、 $T2 \approx T0$ となる。なお、制御積分時間 $T2$ はこれに限定されず、手振れ限界積分時間 $T0$ 以下であれば良い。従って、例えば、 $T2 = T1 / (C + j)$ 、（但し、 j は1

以上の任意の整数）又は $T2 = T1 / j \cdot C$ 、（但し、 j は1以上の任意の数）としても良い。

【0120】撮像回数 C 及び制御積分時間 $T2$ が演算されると、全体制御部300は、画像データ一時記憶部314のメモリ容量や撮像回数 C から、画像データ圧縮を行うか否か及び画像データ圧縮方法等の画像データ記録設定を行い（ステップ#72）、上記第2の手振れ防止撮像手順に従って手振れ防止撮像を行う（ステップ#75）。ステップ#72における画像データ圧縮方法及びステップ#75における手振れ防止撮像の詳細は後述する。ステップ#75において、振れの無い画像が撮像されると、記録装置140は、最終画像データを記憶媒体141に記録する（ステップ#80）。なお、最終画像データをモニタ装置130に再生しても良い。

【0121】最終画像データが記録されると、全体制御部300はシャッターリリースボタン101の第1スイッチS1がオフされたか否か、すなわちユーザーがシャッターリリースボタン101から指を離したか否かを判断する（ステップ#85）。第1スイッチS1がオンのままの場合（ステップ#85でNO）、ユーザーは続けて画像を撮像する意思があるので、ステップ#30に戻って次の撮像に備える。

【0122】第1スイッチがオフされた場合（ステップ#85でYES）、全体制御部300はメインスイッチがオフされたか否かを判断する（ステップ#90）。メインスイッチがオンのままの場合（ステップ#90でNO）、ステップ#20に戻って第1スイッチS1がオンされるのを待つ。一方、メインスイッチがオフされた場合（ステップ#90でYES）、撮像素子110や撮像レンズ200を待機状態にする等の終了処理を行い（ステップ#95）、撮像を終了する。

【0123】なお、ステップ#45におけるモード選択サブルーチン、ステップ#55における画像再生サブルーチン及びステップ#80における画像データ記録サブルーチンは上記第1の実施形態の場合と同様であるため、その説明を省略する。

【0124】手振れ防止撮像サブルーチン

次に、ステップ#50及び#75における手振れ防止撮像サブルーチンを図19～20に示す。まず、手振れ防止撮像サブルーチンを開始すると、全体制御部300は、検出モードを設定する（ステップ#500）。

【0125】第1の実施形態の場合と同様に、ステップ#50の第1の手振れ防止撮像では、高周波成分（5～20Hz）のみを補正すべく、検出モードとして高周波モードを選択する。また、ステップ#75の第2の手振れ防止撮像では、低周波から高周波まで全域（0.1～20Hz）での最高の画像データ補正を行うために、検出モードとして全域（低周波）モードを選択する。

【0126】検出モードが設定されると、全体制御部300は、撮像回数計数用のカウンタ n をリセット（ $n =$

1) し (ステップ #505)、撮像素子駆動部 304 を制御して撮像素子 110 の積分 (撮像) を開始する (ステップ #510)。これと並行して、手振れ検出部 312 は、手振れ検出データ、すなわち、X 軸角速度センサ 121、Y 軸角速度センサ 122、Z 軸角速度センサ 123 による各軸の回りの回転量 (アナログデータ) を、X 軸検出処理回路 309、Y 軸検出処理回路 310、Z 軸検出処理回路 311 を介してを取り込む (ステップ #515)。

【0127】撮像素子 110 の積分を開始すると、全体制御部 300 は、積分開始からの時間が上記設定された制御積分時間 T2 に達したか否か、すなわち積分が終了したか否かを判断する (ステップ #520)。

【0128】撮像素子 110 の積分が終了すると、全体制御部 300 は、手振れ検出部 312 からの手振れ検出データ $det\ x_n$ 、 $det\ y_n$ 、 $det\ z_n$ (この場合、 $n=1$) を手振れ検出結果記憶部 313 の該当する記憶領域 313a に記憶する (ステップ #525)。

【0129】読出領域設定部 306 は、撮像素子 110 の各画素データのうち、画像データとして読み出す領域を設定する (ステップ #530)。画像データ読出領域の設定方法について以下に説明する。

【0130】第 1 の方法は、画像データ読出領域の中心を撮像素子 110 の画面中心 (0, 0) に固定し、手振れを考慮して画像データ読出領域を順次拡大する。X 軸方向の読出範囲を $q\ x$ 、Y 軸方向の読出範囲 q を $q\ y$ 、 n をカウンタのカウント数として、 $q\ x$ 、 $q\ y$ は以下の式で与えられる。

$$【0131】q\ x = 1400 + (n-1) \cdot 20$$

$$q\ y = 1000 + (n-1) \cdot 20$$

上記式から明らかなように、撮像を繰り返すごとに画像データ読出領域が広がっていく。なお、撮像素子 110 の有効領域は有限であるので (図 3 参照)、この方法では撮像可能回数に一定の限界がある。

【0132】第 2 の方法は、画像データ読出領域の中心を X 軸方向及び Y 軸方向の手振れ検出位置 ($p\ x$ 、 $p\ y$) として移動させ、Z 軸回りの回転振れを考慮して、撮像を繰り返すごとに画像データ読出領域を順次少しずつ拡大する。X 軸方向の読出範囲を $q\ x$ 、Y 軸方向の読出範囲 q を $q\ y$ 、 n をカウンタのカウント数として、 $q\ x$ 、 $q\ y$ は以下の式で与えられる。

$$【0133】q\ x = 1400 + (n-1) \cdot 10$$

$$q\ y = 1000 + (n-1) \cdot 10$$

第 3 の方法は、画像データ読出領域の中心を X 軸方向及び Y 軸方向の手振れ検出位置 ($p\ x$ 、 $p\ y$) として移動させ、Z 軸回りの回転振れを考慮して、画像データ読出領域を最初から余裕を持って大きめに設定し、その範囲を固定する。X 軸方向の読出範囲を $q\ x$ 、Y 軸方向の読出範囲 q を $q\ y$ として、 $q\ x$ 、 $q\ y$ は以下の式で与えられる。

$$【0134】q\ x = 1400 + 100$$

$$q\ y = 1000 + 100$$

画像データ読出領域が設定すると、全体制御部 300 は、画像データ読出部 305 を制御して、撮像素子 110 からの画像データを読み出し (ステップ #535)、必要に応じて読み出した画像データを圧縮し (ステップ #540)、画像データを画像データ一時記憶部 314 の該当する記憶領域 314a に記憶する (ステップ #545)。

【0135】ここで、ステップ #540 におけるデータ圧縮方法の一例について説明する。第 1 の画像データ圧縮方法は、2 つの画像データ、例えば最初に撮像された画像データと第 2 回目以降に撮像された画像データの差を求め、最初の画像データと最初の画像データに対する各画像の差分データを、当該 2 つの画像データとして記憶することにより、画像データの圧縮を行う。この差分データ圧縮方法は、データ圧縮率は低い処理速度が速いというメリットがある。

【0136】第 2 の画像データ圧縮方法は、各画像データに J P E G 圧縮をかける。この方法によれば、差分データを記憶する第 1 のデータ圧縮方法に比べて、処理時間を要するが、データ圧縮率が大きいため、画像データ一時記憶部 314 のメモリ容量を大きくできない場合に有効である。

【0137】なお、画像データ圧縮方法はこれらに限定されず、G I F 等のその他の画像データ圧縮方法を用いても良い。また、これらの画像データ圧縮方法を複数用意しておき、撮像回数 C に応じて適宜最適な画像データ圧縮方法を選択するように構成しても良い。

【0138】画像データ圧縮方法選択サブルーチンを図 21 に示す。まず、全体制御部 300 は、撮像回数 C が 2 以下か否かを判断する (ステップ #700)。撮像回数 C が 1 又は 2 の場合 (ステップ #700 で Y E S)、記憶すべき画像データはそれほど多くないので、全体制御部 300 は、画像データを圧縮せずそのまま画像データ一時記憶部 314 に記憶する (ステップ #705)。

【0139】撮像回数が 2 よりも大きい場合、全体制御部 300 は、撮像回数 C が 4 以下か否かを判断する (ステップ #710)。撮像回数 C が 3 又は 4 の場合 (ステップ #710 で Y E S)、全体制御部 300 は上記差分データ圧縮方法を選択し、最初に撮像された画像データと最初の画像データに対する各画像の差分データを、画像データ一時記憶部 314 に記憶する (ステップ #715)。

【0140】撮像回数 C が 5 以上の場合 (ステップ #710 で N O)、全体制御部 300 は、撮像回数 C が 8 以下か否かを判断する (ステップ #720)。撮像回数 C が 5 ~ 8 の場合 (ステップ #720 で Y E S)、全体制御部 300 は上記 J P E G 圧縮方法を選択し、圧縮率 1 / 4 で各画像データを圧縮し、画像データ一時記憶部 3

14に記憶する(ステップ#725)。

【0141】撮像回数Cが9以上の場合(ステップ#720でNO)、全体制御部300は上記JPEG圧縮方法を選択し、圧縮率1/Cで各画像データを圧縮し、画像データ一時記憶部314に記憶する(ステップ#730)。

【0142】図19～20に示すフローチャートに戻って、画像データを画像データ一時記憶部314に記憶すると、全体制御部300は、撮像回数nが設定された撮像回数Cに達したか否かを判断する(ステップ#550)。この場合、最初の撮像であり、 $n=1$ である。少なくとも2回以上撮像する場合(ステップ#550でNO)、全体制御部300は、カウンタnのカウント数を1つ進め(ステップ#555)、ステップ#510に戻って、撮像素子110による第2回目の画像の積分(撮像)を開始する。

【0143】撮像回数nが設定された撮像回数Cに達すると(ステップ#550でYES)、全体制御部300は、画像データ補正部306を制御して、手振れ検出結果記憶部313に記憶されている手振れ検出結果を用いて、画像データ一時記憶部314に記憶されている画像データの補正を行う。

【0144】画像データの補正を開始すると、全体制御部300は、別のカウンタmをリセット($m=1$)し(ステップ#560)、手振れ検出結果記憶部313から手振れ検出データ $\text{det}x(m)$ 、 $\text{det}y(m)$ 、 $\text{det}z(m)$ (但し、 $n \geq m \geq 1$)を取り込み(ステップ#565)、各画像を撮像した時点における手振れ量 $\Delta \text{det}x$ 、 $\Delta \text{det}y$ 、 $\Delta \text{det}z$ を算出するを算*

$$\begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-\text{deg}z) & -\sin(-\text{deg}z) \\ \sin(-\text{deg}z) & \cos(-\text{deg}z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -p_x \\ -p_y \end{bmatrix}$$

【0151】ここで、 (X_i, Y_i) は補正前のある画素データの座標であり、 (X_o, Y_o) は補正後の座標である。アフィン変換によれば、例えば図11(a)及び(b)に示したX軸方向及びY軸方向のシフト($-p_x$ 、 $-p_y$)及びZ軸回りの回転($-\text{deg}z$)の補正を同時に行うことができる。

【0152】この画像データ補正処理により、最初に撮像した画像データに対して、第2回目以降に撮像した画像データは、ユーザーの手振れによるカメラの移動量が補正された画像データとなる。画像データを補正すると、読み出し領域設定部306bは、画像表示及び記録に必要な領域、例えば固体撮像素子110の画面中心S1を基準とする実画面サイズ(図3参照)の範囲を指定し、その範囲の画素データを画像データとして、画像データ蓄積部307に蓄積する(ステップ#600)。

【0153】補正された画像データを蓄積すると、全体

* 出する(ステップ#570)。

【0145】手振れ量の算出は以下の式に従う。

【0146】

$$\Delta \text{det}x = \text{det}x(m) - \text{det}x(1)$$

$$\Delta \text{det}y = \text{det}y(m) - \text{det}y(1)$$

$$\Delta \text{det}z = \text{det}z(m) - \text{det}z(1)$$

手振れ量を算出すると、全体制御部300は、振れ検出量から振れ補正量に変換するための計数変換を行う(ステップ#575)。計数変換は以下の式に従う。

$$10 \quad \text{【0147】} \quad p_x = a_x \cdot \Delta \text{det}y$$

$$p_y = a_y \cdot \Delta \text{det}x$$

$$\text{deg}z = a_z \cdot \Delta \text{det}z$$

但し、 a_x はY軸回りの回転振れ量 $\Delta \text{det}y$ からX軸方向の画像読み出し位置 p_x を算出するための変換係数、 a_y はX軸回りの回転振れ量 $\Delta \text{det}x$ からY軸方向の画像読み出し位置 p_y を算出するための変換係数、 a_z はZ軸回りの回転振れ量 $\Delta \text{det}z$ からZ軸回りの画像回転量 $\text{deg}z$ を算出するための変換係数である。

20 【0148】計数変換が完了すると、画像データ補正部306は、画像データ一時記憶部314に一時的に記憶していた画像データを再度読み出す(ステップ#580)。この時、画像データが圧縮して記憶されている場合、画像データを補正するために展開する(ステップ#585)。

【0149】所定範囲の画像データが読み出されると、画像データ補正部306のアフィン変換部306aは、以下の補正式に基づいて補正を行う。

【0150】

【数1】

制御部300は、カウンタのカウント数mが設定された撮像回数Cに達したか否かを判断する(ステップ#605)。カウント数mが撮像回数Cに達していない場合、カウンタを1つ進め(ステップ#610)、カウント数mが設定された撮像回数Cに達するまで、ステップ#565～#605を繰り返す。カウント数mが設定された撮像回数Cに達すると、画像データ蓄積部307には、適正露光量の画像データ(電荷量)が蓄積されているので、手振れ防止撮像ルーチンを終了し、ステップ#55の画像再生サブルーチンか又はステップ#80の画像データ記録サブルーチンに移行する。

40 【0154】(その他の実施形態)上記第1の実施形態では、画像データ補正方法として、X軸回り及びY軸回りの回転振れ補正を撮像素子110からの画像データの読み出し位置の平行移動により行い、Z軸回りの回転振れ補正を画像の回転により行うように構成したが、これ

に限定されるものではなく、第2の実施形態のようにアフィン変換を用いても良い。

【0155】また、第2の実施形態では、画像データ補正方法としてアフィン変換を用いたが、これに限定されるものではなく、第1の実施形態のようにX軸回り及びY軸回りの回転振れ補正とZ軸回りの回転振れ補正を異なる方法で行っても良い。

【0156】また、第2の実施形態では、撮像された複数の画像データを一時記憶する際、画像データ圧縮を行うように構成したが、これに限定されるものではなく、

【0157】さらに、各実施形態において、シャッターリリースボタン101の第2スイッチS2がオンされた後、撮像素子110の各画素データをそのまま出力する画素不加算モードで撮像するように構成したが、これに限定されるものではなく、被写体輝度が低い場合、画像の横方向の解像度が1/2に低下するのを許容し、左右方向に隣接する2画素分の画素データを加算して1画素分の画素データとして出力する（2画素加算モード）ように構成しても良い。この場合、元々被写体が暗くディテールが鮮明ではないので、解像度が低下してもそれほど違和感はない。逆に、撮像回数が1/2になるというメリットを有する。

【0158】

【発明の効果】上記説明したように、本発明の第1のカメラシステムは、被写体輝度により決定される適正積分時間が手振れ限界積分時間よりも長くなる場合において、被写体の略同一部分を手振れ限界積分時間又はそれよりも短い制御積分時間で複数回撮像し、得られた複数の画像データを合成して1つの画像データを作成し、適正露光画像を得ることを特徴とする。すなわち、被写体が低輝度の場合に、手振れを生じない程度の短い積分時間で同じ被写体を複数回撮像し、露光量不足ではあるが手振れの少ない複数の画像データを合成して1つの画像データを得るので、合成した画像データを再生すると、適正な露光量で、かつ手振れの少ない高品質の画像が得られる。

【0159】また、適正積分時間をT1、手振れ限界積分時間をT0として、制御積分時間T2及び撮像回数Cをそれぞれ、 $C = \text{INT}(T1/T0)$ 、 $T2 = T1/C$ で表される値とする（但し、INTとは端数を切り上げて整数化することを意味する）ことにより、最少の撮像回数で、適正な露光量で、かつ手振れの少ない高品質の画像が得られる。

【0160】または、T3を手振れ限界積分時間T0よりも短い任意の時間として、制御積分時間T2及び撮像回数Cをそれぞれ、 $C = \text{INT}(T1/T3)$ 、 $T2 = T1/C$ で表される値とする（但し、INTとは端数を切り上げて整数化することを意味する）ことにより、撮像回数は若干増えるが、適正な露光量で、かつ手振れの

きわめて少ない高品質の画像が得られる。

【0161】また、画像データ補正機能を設け、各画像データの補正を行った後、画像データを合成することにより、適正な露光量で、かつ手振れの少ない高品質の画像が得られる。

【0162】また、画像データの補正として、撮像光学系の光軸（Z軸）を座標軸の1つとする直交座標系（X軸、Y軸、Z軸）の各軸回りの回転振れ補正することにより、遠方の被写体に対する主要な手振れの原因であるカメラの回転振れの影響を除去することが可能となる。

【0163】また、光軸（Z軸）回りの回転振れと、光軸に直交する2軸（X軸、Y軸）回りの回転振れとをそれぞれ異なった方法で補正することにより、それぞれ最適な補正方法を選択し、補正誤差を少なくし、かつ補正に要する時間を短くすることが可能となる。具体的には、撮像素子は実画面サイズよりも大きな有効範囲を有し、ソフトウェア処理により、光軸（Z軸）に直交する2軸（X軸、Y軸）回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、光軸（Z軸）回りの回転振れ補正は専用IC等のハードウェアによる画像データの回転処理により行い、光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正を行った後、光軸回りの回転振れ補正を行うように構成しても良い。または、ソフトウェア処理により、光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正及び光軸回りの回転振れ補正を、アフィン変換により同時に行うように構成しても良い。

【0164】また、画像データ読み出し範囲を実画面サイズよりも大きくすることにより、光軸（Z軸）回りに画像を回転させた後、先に撮像した画像上に補正した画像を合成する際、画面周辺部における画像データ不足を防止することが可能となる。

【0165】また、撮像回数が増えるごとに、最初の画像を撮像してから時間経過が大きくなり、カメラの位置も大きくずれることになる。これに対して、画像データ読み出し範囲を、撮像回数が増えるごとに広くすることにより、画像データ補正量（移動量）の増大に対処することができる。

【0166】また、第2回目以降の各画像を撮像する際、最初の画像を撮像した位置からのカメラの移動量を検出し、検出した移動量に基づいて撮像した画像データを補正し、補正後の画像データを合成することにより、画像データの一時記憶領域を確保することなく、適正露光量で、かつ手振れの少ない高品質の画像が得られる。

【0167】または、第2回目以降の各画像を撮像する際、最初の画像を撮像した位置からのカメラの移動量を検出し、撮像した画像データと当該画像データに対応する移動量データに対応させて一時的に記憶しておき、所定数の画像撮像完了後に、各画像データをそれぞれ対応する移動量データに基づいて補正し、補正後の画像データを合成することにより、最初の撮像から最後の撮像ま

での時間を短縮し、その間のカメラ振れ量が小さくなり、画像データ補正量を小さくすることが可能となる。

【0168】また、画像データを一時記憶する際、画像データを圧縮して記憶することにより、画像データの一時記憶領域のメモリ容量を少なくすることができる。また、撮像回数に応じて、データ圧縮率、データ圧縮方法及び画像解像度の少なくともいずれかを変更することにより、限られたメモリ容量を有効に使用することができる。例えば、撮像回数が少ない場合は、データ圧縮せず又はデータ圧縮率を小さくすることにより、データ圧縮の際のノイズ成分等を小さくすることが可能となる。

【0169】一方、本発明の第2のカメラシステムによれば、複数の画像データを同時に記憶可能なカメラシステムにおいて、1つの基準画像データ以外の画像データを圧縮して、前記基準画像データ容量よりも小さい容量の一時記憶領域に記憶し、撮像条件に応じて少なくとも圧縮方法及び圧縮率のいずれか一方を変更することの特徴とするので、限られた記憶容量を最大限に利用しながら、撮像条件、例えば被写体輝度、撮像回数、画像データ読み出し範囲、基準時点から画像を撮像するまでの時間等に応じて、各場合における最も高画質の画像を得ることが可能となる。また、第2のカメラシステムは、上記第1のカメラシステムのように被写体輝度により決定される適正積分時間が手振れ限界積分時間よりも長くなる場合に限定されず、複数の画像を一時的に記憶するカメラシステム全般に応用することができる。

【0170】また、本発明の第3のカメラシステムによれば、複数の画像データを用いて1つの画像を合成するカメラシステムにおいて、第2回目以降に撮像された画像データを撮像の都度補正しつつ、画像合成を行うことを特徴とするので、未補正の画像を一時的に記憶するための一時記憶領域が不要になる。

【0171】さらに、本発明の第4のカメラシステムによれば、被写体の略同一部分を複数回撮像し、得られた複数の画像データを合成して1つの画像を作成するカメラシステムにおいて、各画像データと、当該画像データの撮像に関する所定のデータをセットにして一時的に記憶し、全画像データ撮像後、各画像データの合成を行うことを特徴とするので、画像データを一時的に記憶するための記憶領域を必要とするが、全画像を撮像するのに要する時間を短縮することができる。その結果、カメラの移動に伴う画像データの補正を必要とする場合であっても、カメラの移動量が小さくなり、画像データの補正量を小さくすることが可能となる。

【0172】さらに、本発明の第5のカメラシステムによれば、被写体の略同一部分を複数回撮像し、得られた複数の画像データを合成して1つの画像を作成するカメラシステムにおいて、第2回目以降に撮像された画像データの読み出し範囲を徐々に拡大することの特徴とするので、撮像回数が多く、際世に画像を撮像してからのカ

メラの移動量が大きい場合であっても、画面周辺部における画像データの不足による補正不良を生ずることなく、全画面を均一に、かつ正確に補正することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のカメラシステムの第1の実施形態であるデジタルカメラの構成及び各構成要素の配置を示す図である。

【図2】第1の実施形態における制御回路150のブロック構成を示す図である。

【図3】第1の実施形態で使用する撮像素子110における実画面サイズ（記録画像サイズ）、有効領域及び読み出し画像サイズの関係を示す図である。

【図4】手振れの種類と像振れ量の関係を示す図であり、（a）は手振れがない状態、（b）はカメラがX軸方向（水平）にxだけ平行に移動した状態、（c）はカメラがY軸方向（垂直）にyだけ平行に移動した状態、（d）はカメラがZ軸方向（光軸方向）にzだけ平行に移動した状態を示す。

【図5】手振れの種類と像振れ量の関係を示す図であり、（a）はカメラがX軸方向に θ_x だけ回転した状態、（b）はカメラがY軸方向に θ_y だけ回転した状態、（c）はカメラがZ軸方向に θ_z だけ回転した状態を示す。

【図6】第1の実施形態に係るデジタルカメラの基本動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図7】図6のフローチャートの続きである。

【図8】図6～7に示すフローチャートのステップ#45におけるモード選択サブルーチンを示すフローチャートである。

【図9】図6～7に示すフローチャートのステップ#50又は#75における手振れ防止撮像サブルーチンを示すフローチャートである。

【図10】図9のフローチャートの続きである。

【図11】第1の実施形態における画像データ補正処理を示す図である。

【図12】先にZ軸回りの回転補正を行い、その後X軸方向及びY軸方向の補正を行うと、画像合成を行うことができないことを示す図である。

【図13】図6～7におけるステップ#55の画像再生サブルーチンを示すフローチャートである。

【図14】、図6～7におけるステップ#80の画像データ記録サブルーチンを示すフローチャートである。

【図15】本発明のカメラシステムの第2の実施形態であるデジタルカメラの制御回路150のブロック構成を示す図である。

【図16】第2の実施形態における制御回路150のうち、画像データ補正に関する主要部分の構成を示す図である。

【図17】第2の実施形態に係るデジタルカメラの基

本動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図18】図17に示すフローチャートの続きである。

【図19】図17～18に示すフローチャートのステップ#50及び#75における手振れ防止撮像サブルーチンを示すフローチャートである。

【図20】図19のフローチャートの続きである。

【図21】画像データ圧縮方法選択サブルーチンを示すフローチャートである。

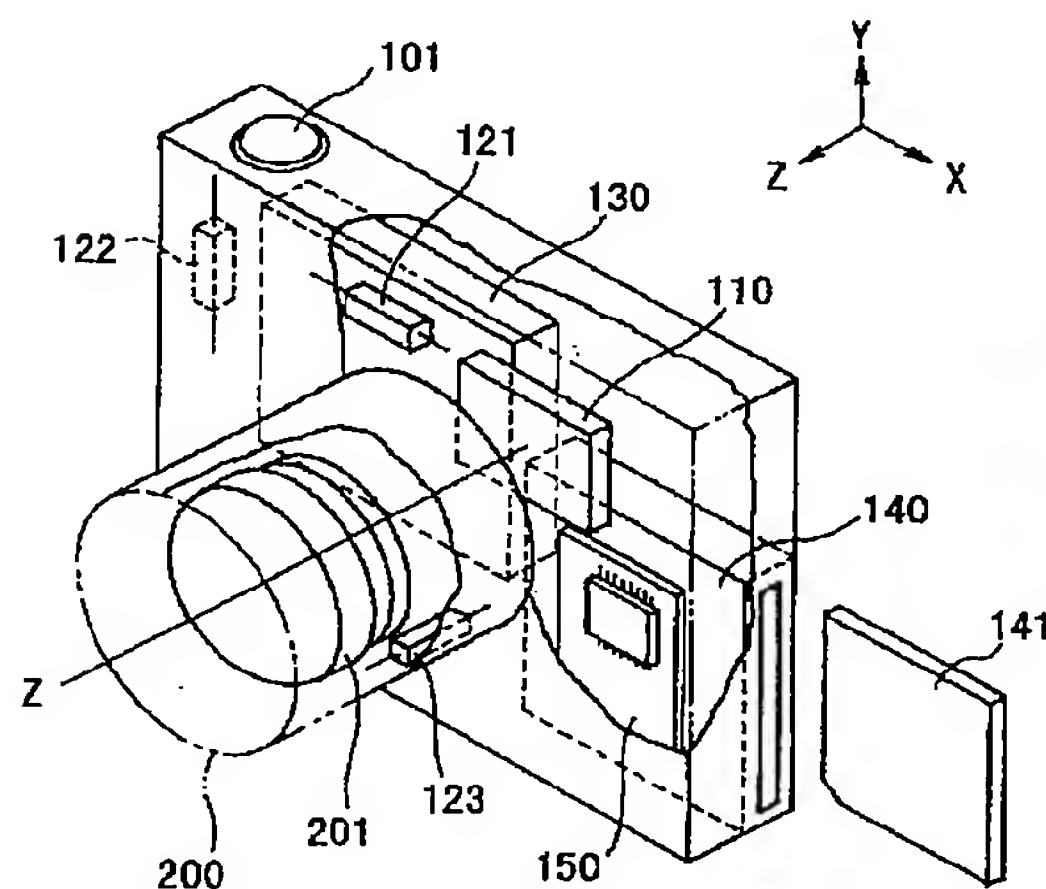
【符号の説明】

- 100 : カメラボディ
- 101 : シャッターリリーススイッチ
- 110 : 撮像素子
- 121 : X軸角速度センサ
- 122 : Y軸角速度センサ
- 123 : Z軸角速度センサ
- 130 : モニタ装置
- 140 : 記録装置
- 141 : 記録媒体
- 150 : 制御回路
- 200 : 撮像レンズ

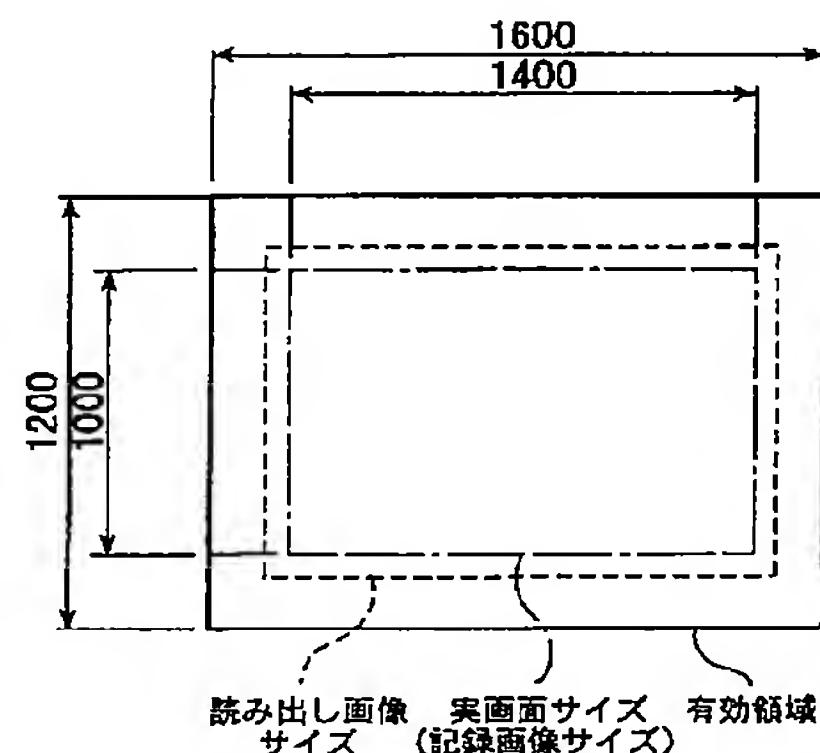
- *201 : 光学系
- 301 : 測光センサ
- 302 : 積分時間演算部
- 303 : 撮像回数設定部
- 304 : 撮像装置駆動部
- 305 : 画像データ読出部
- 306 : 画像データ補正部
- 306a : アフィン変換部
- 306b : 読出領域設定部
- 10 307 : 画像データ蓄積部
- 308 : 画像データ処理部
- 309 : X軸検出処理回路
- 310 : Y軸検出処理回路
- 311 : Z軸検出処理回路
- 312 : 手振れ検出部
- 313 : 手振れ検出結果記憶部
- 313a : 記憶領域
- 314 : 画像データ一時記憶部
- 314a : 記憶領域

*20

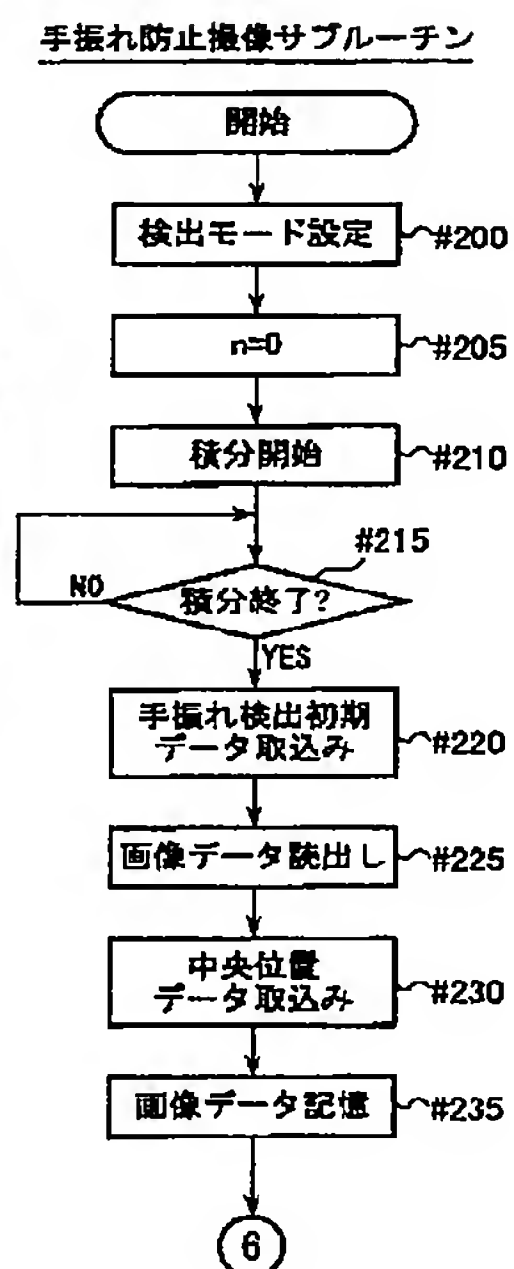
【図1】



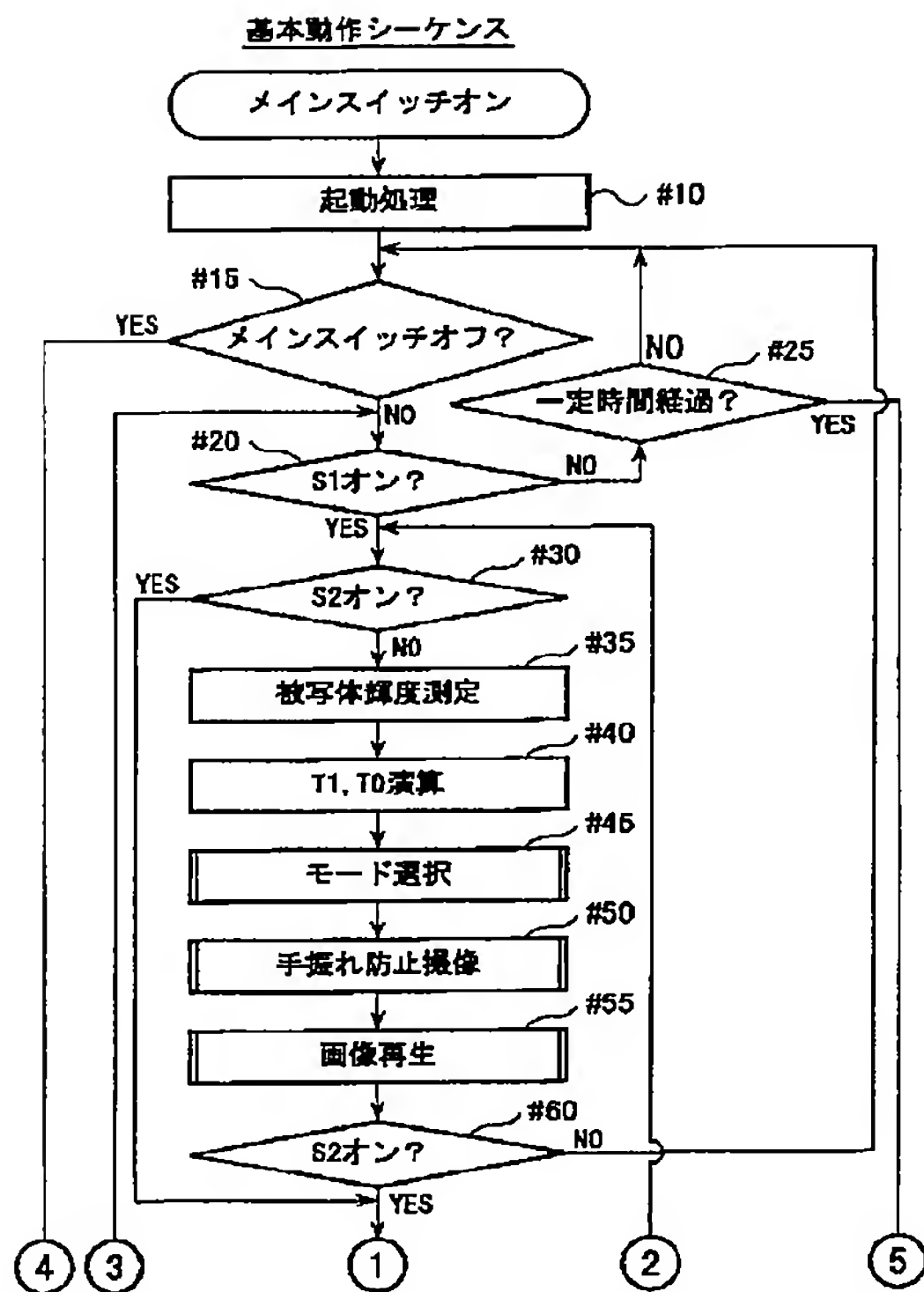
【図3】



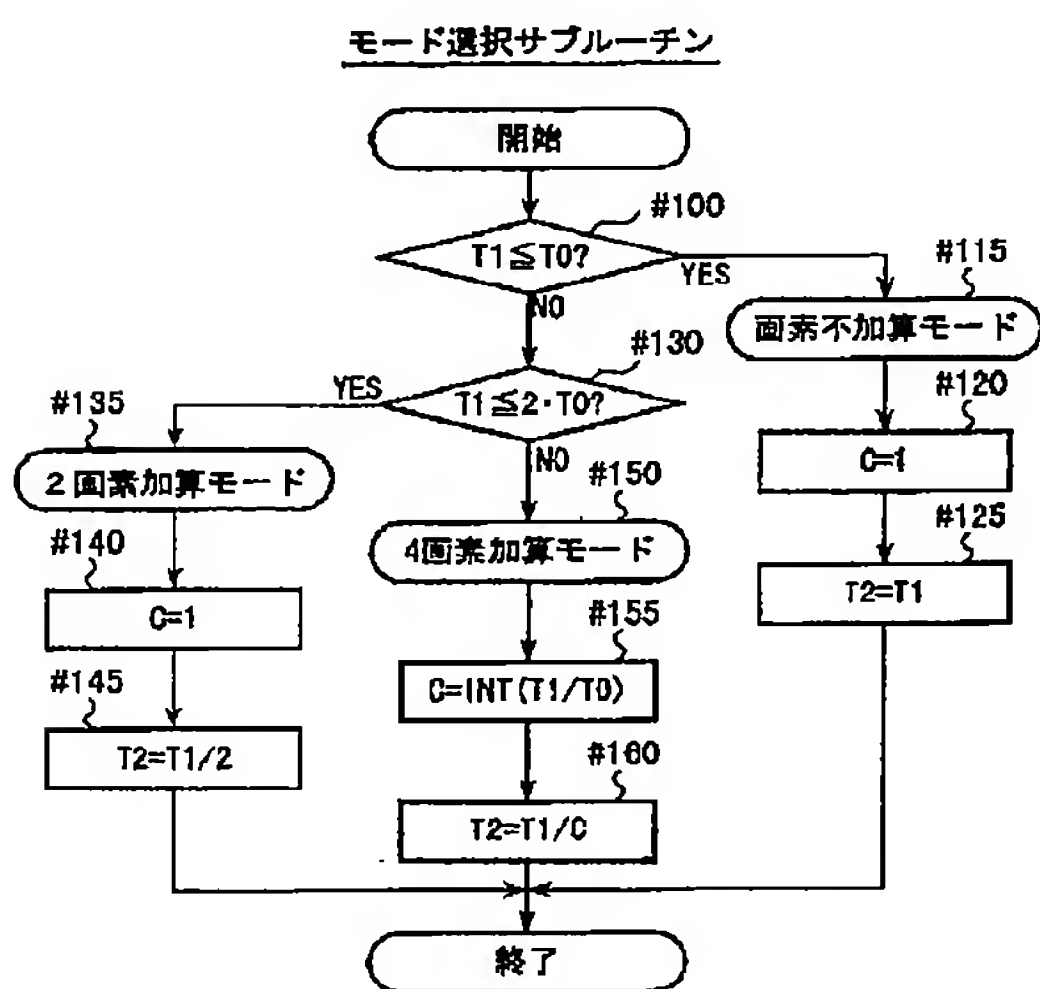
【図9】



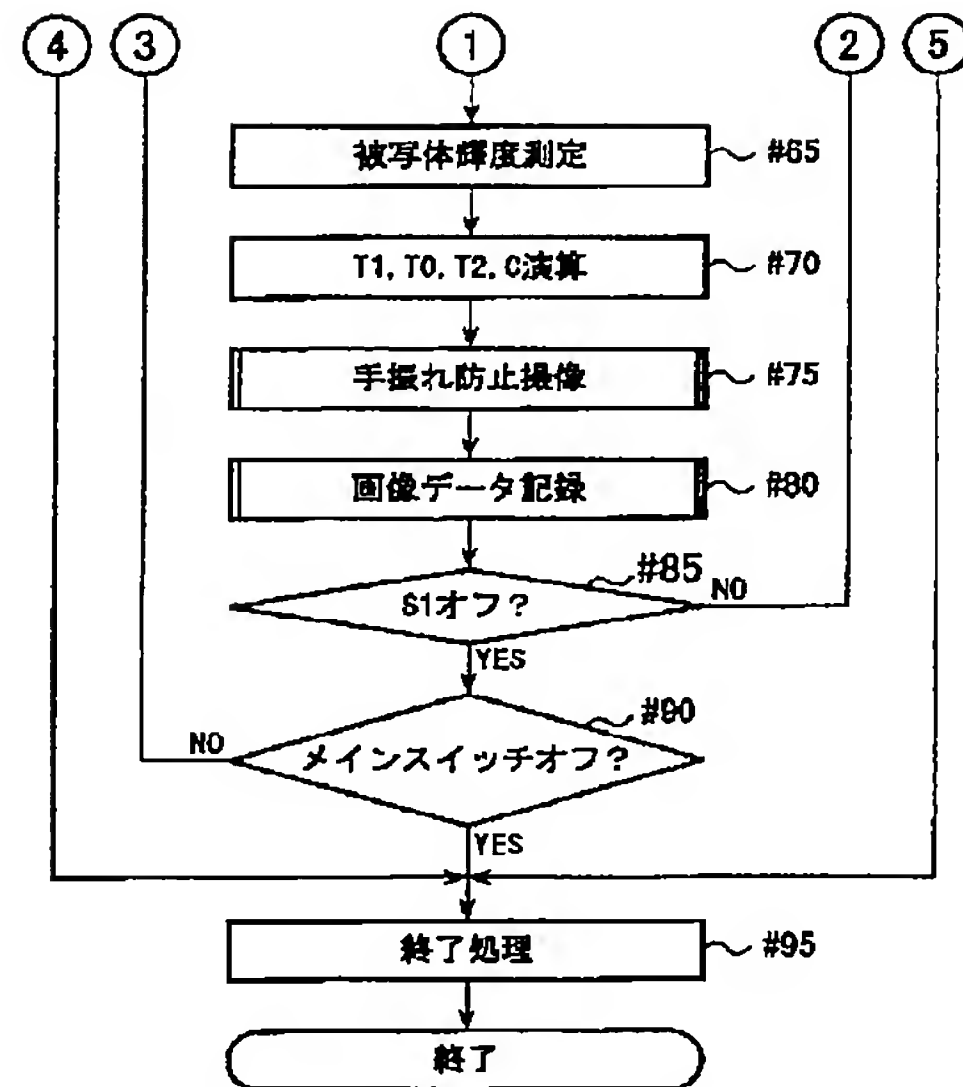
【図6】



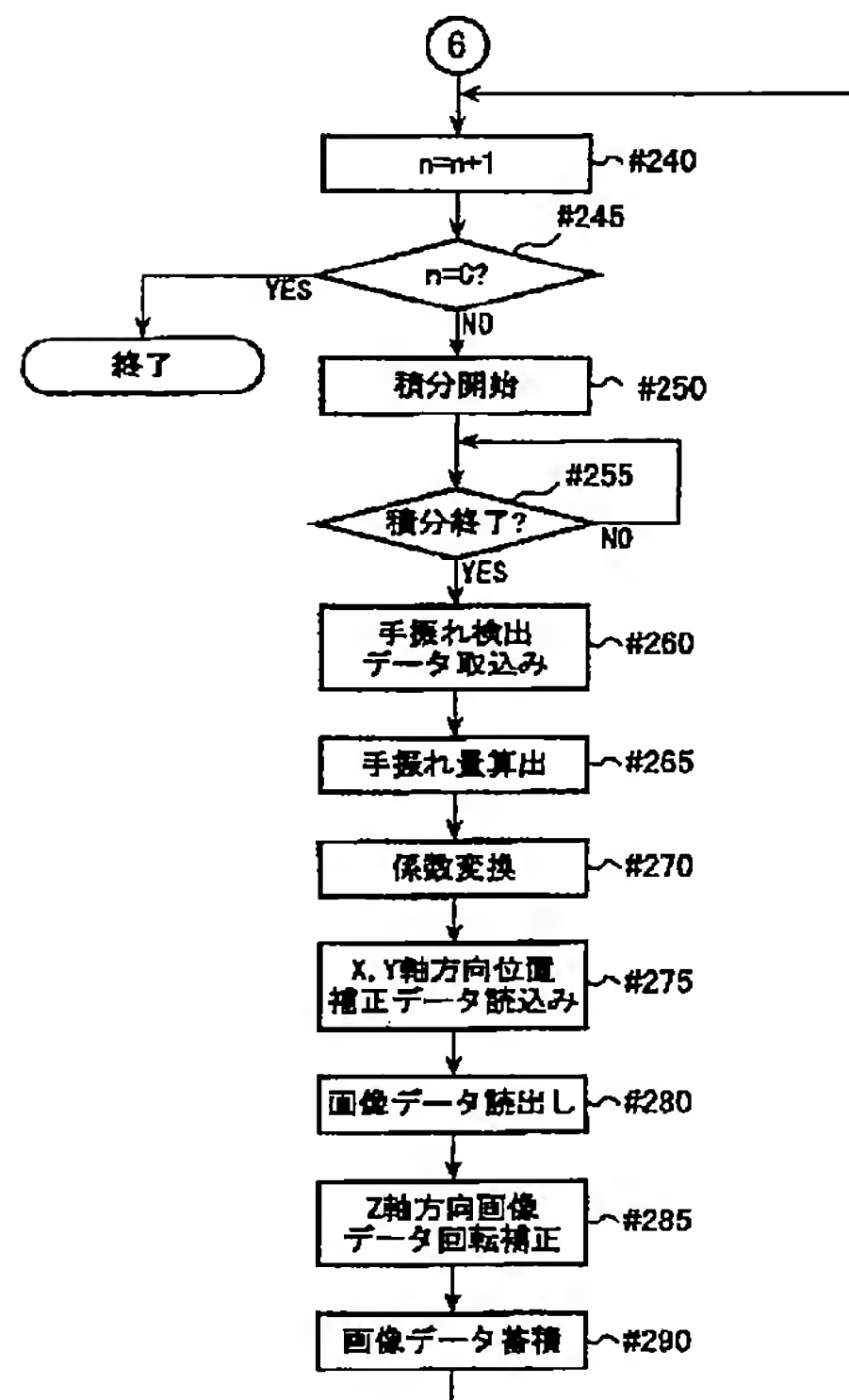
【図8】



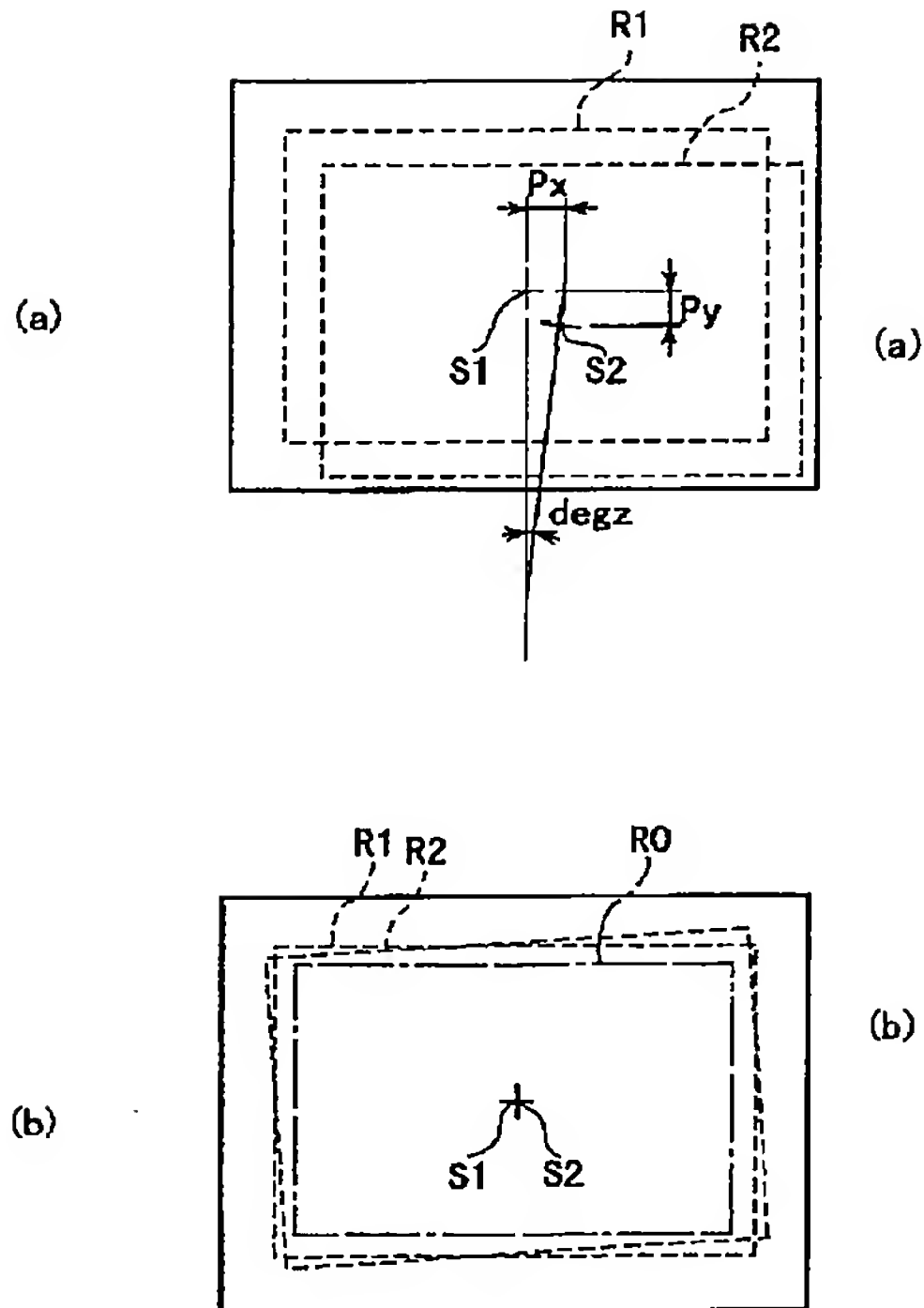
【図7】



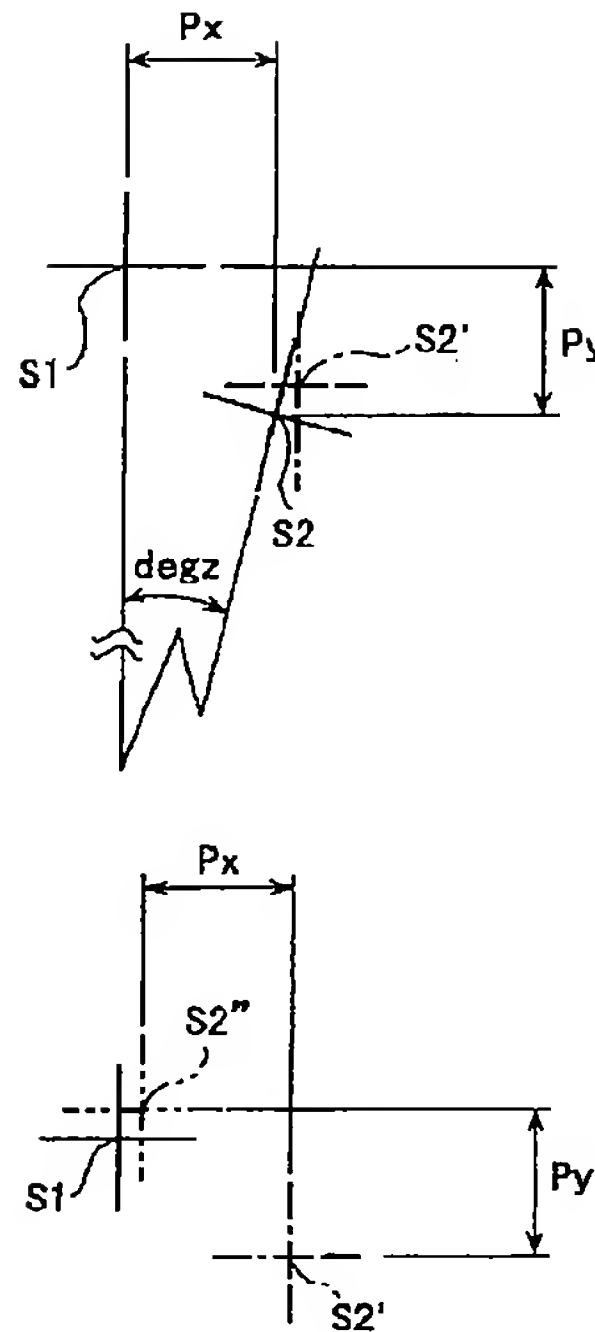
【図10】



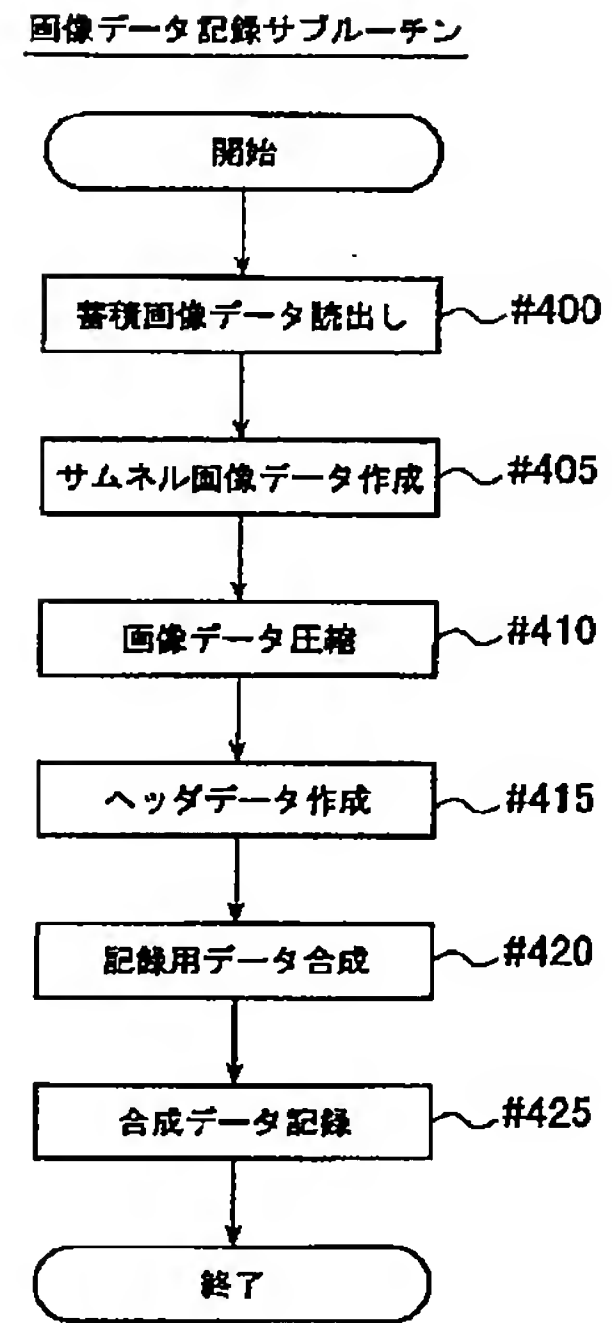
【図11】



【図12】

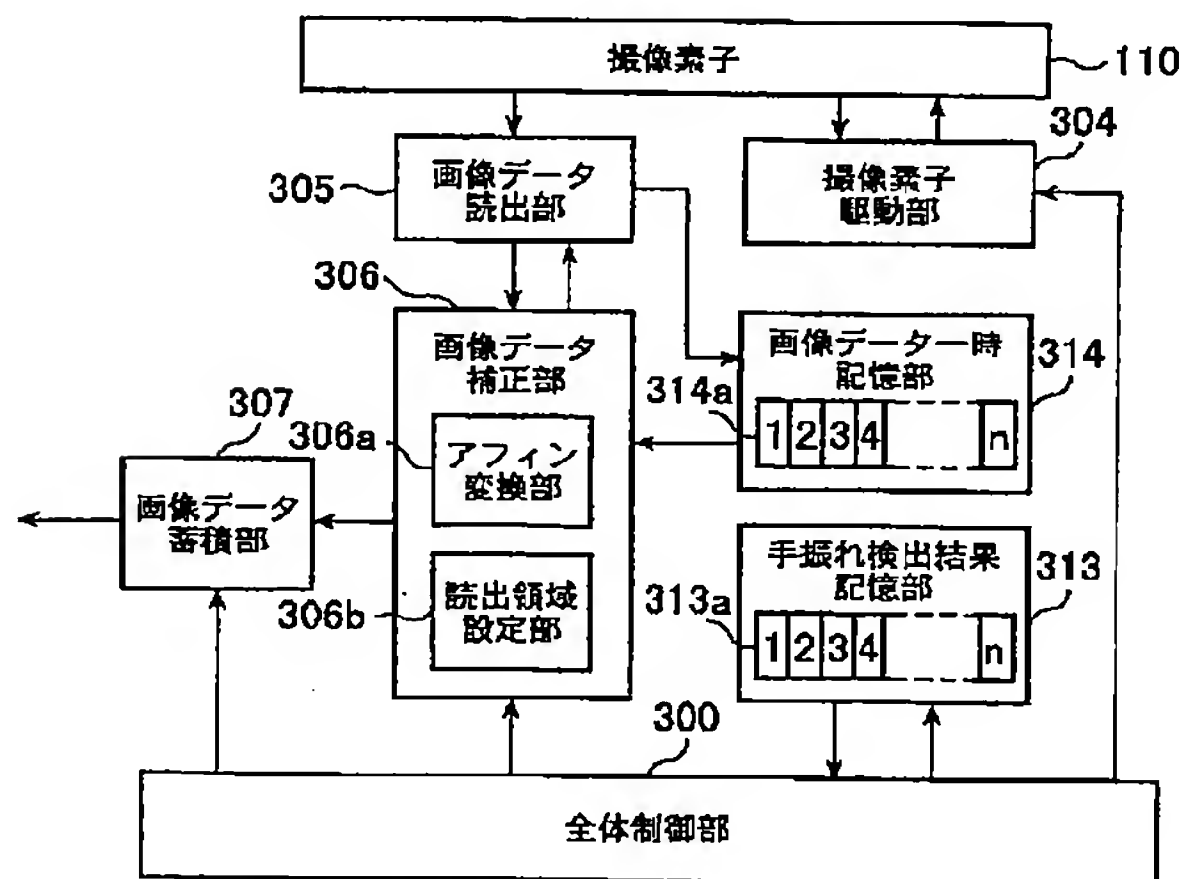
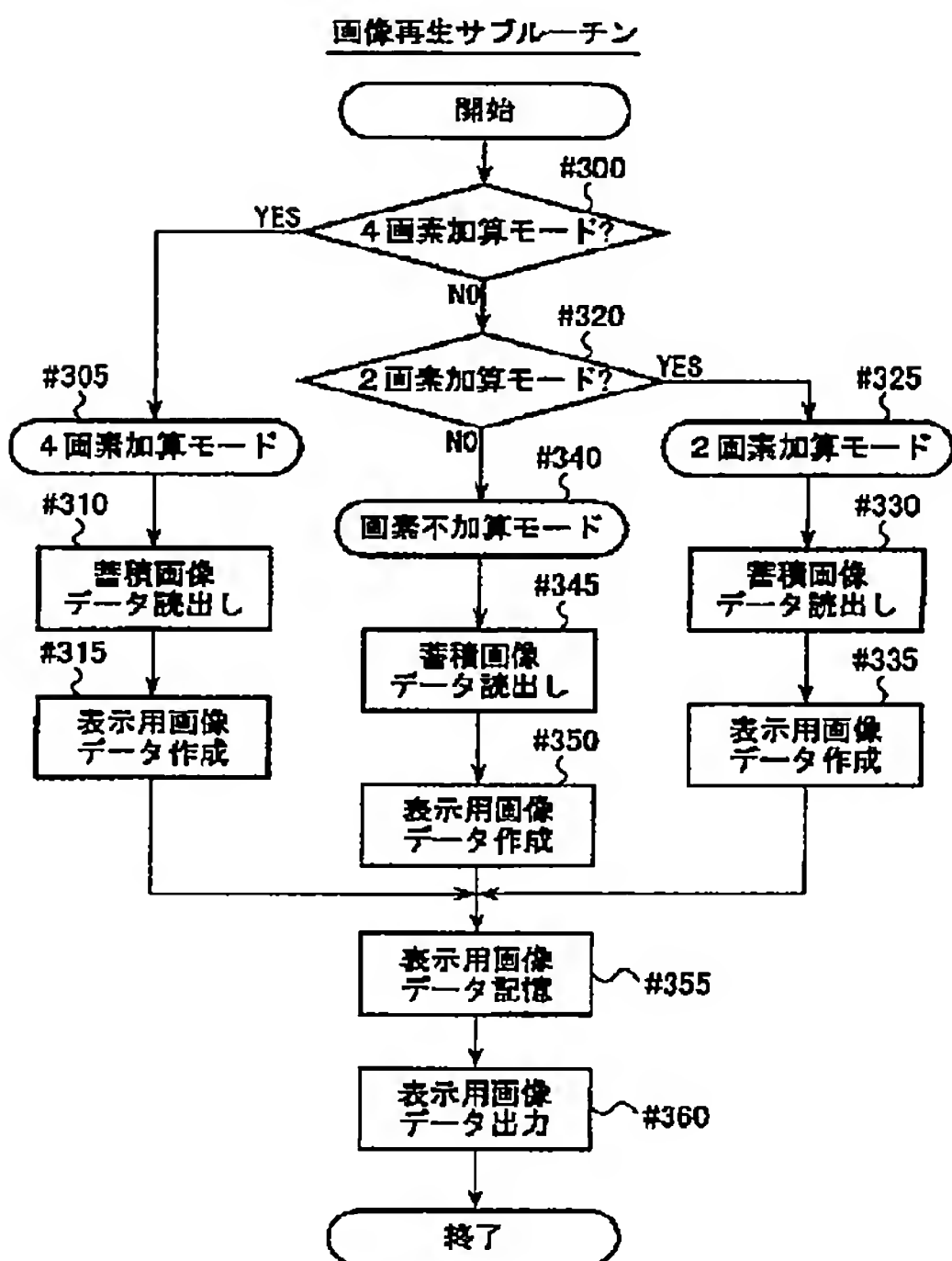


【図14】



【図16】

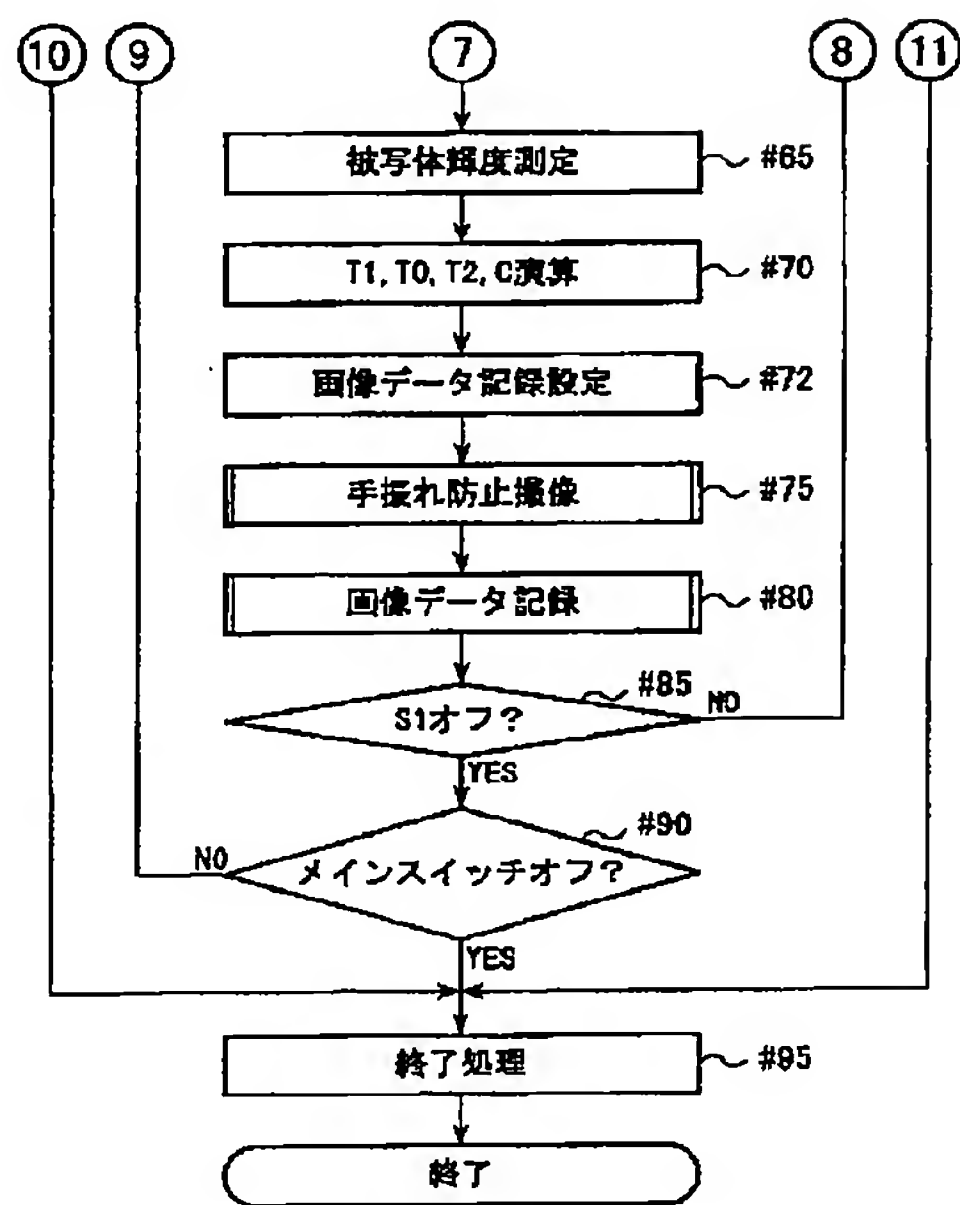
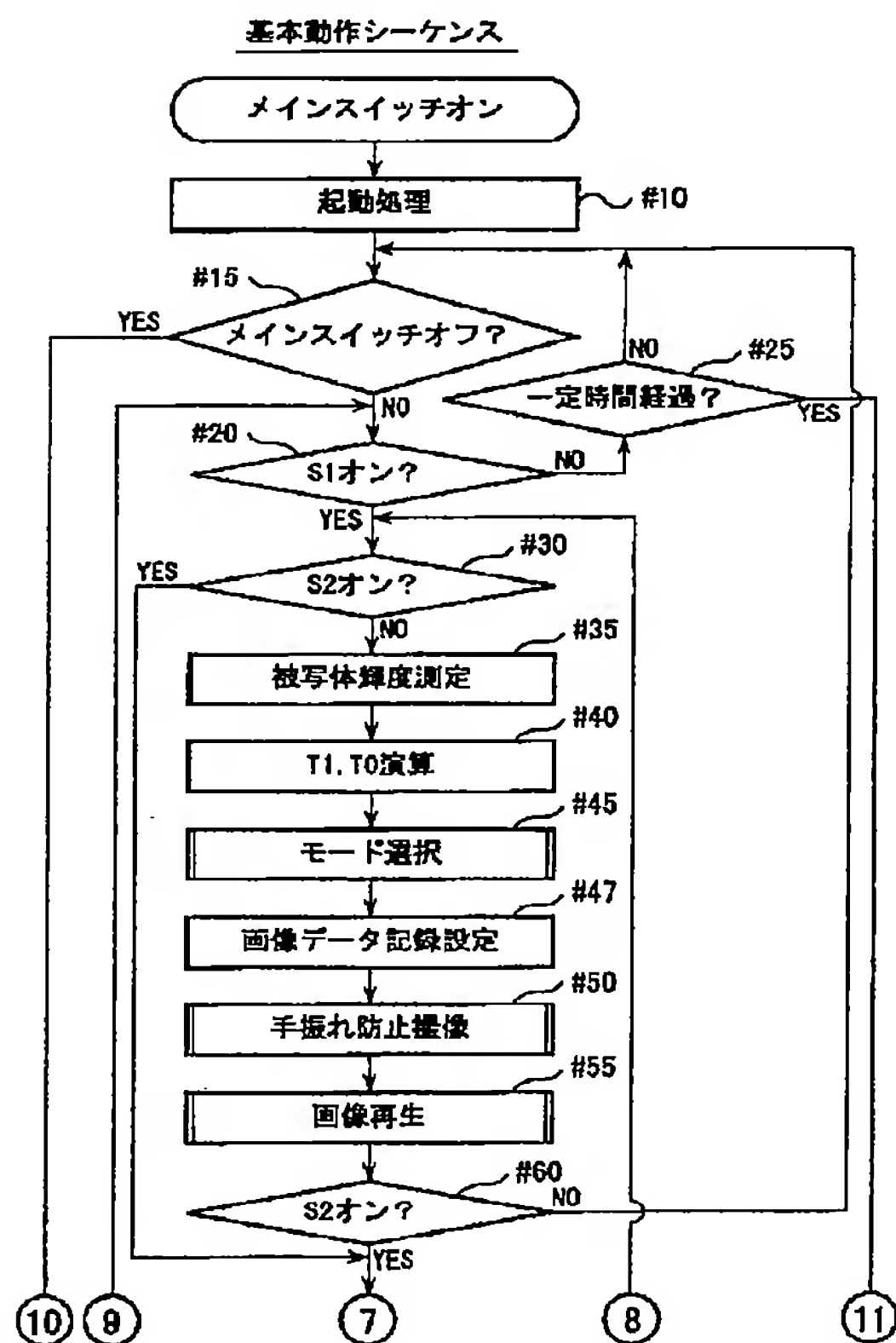
【図13】



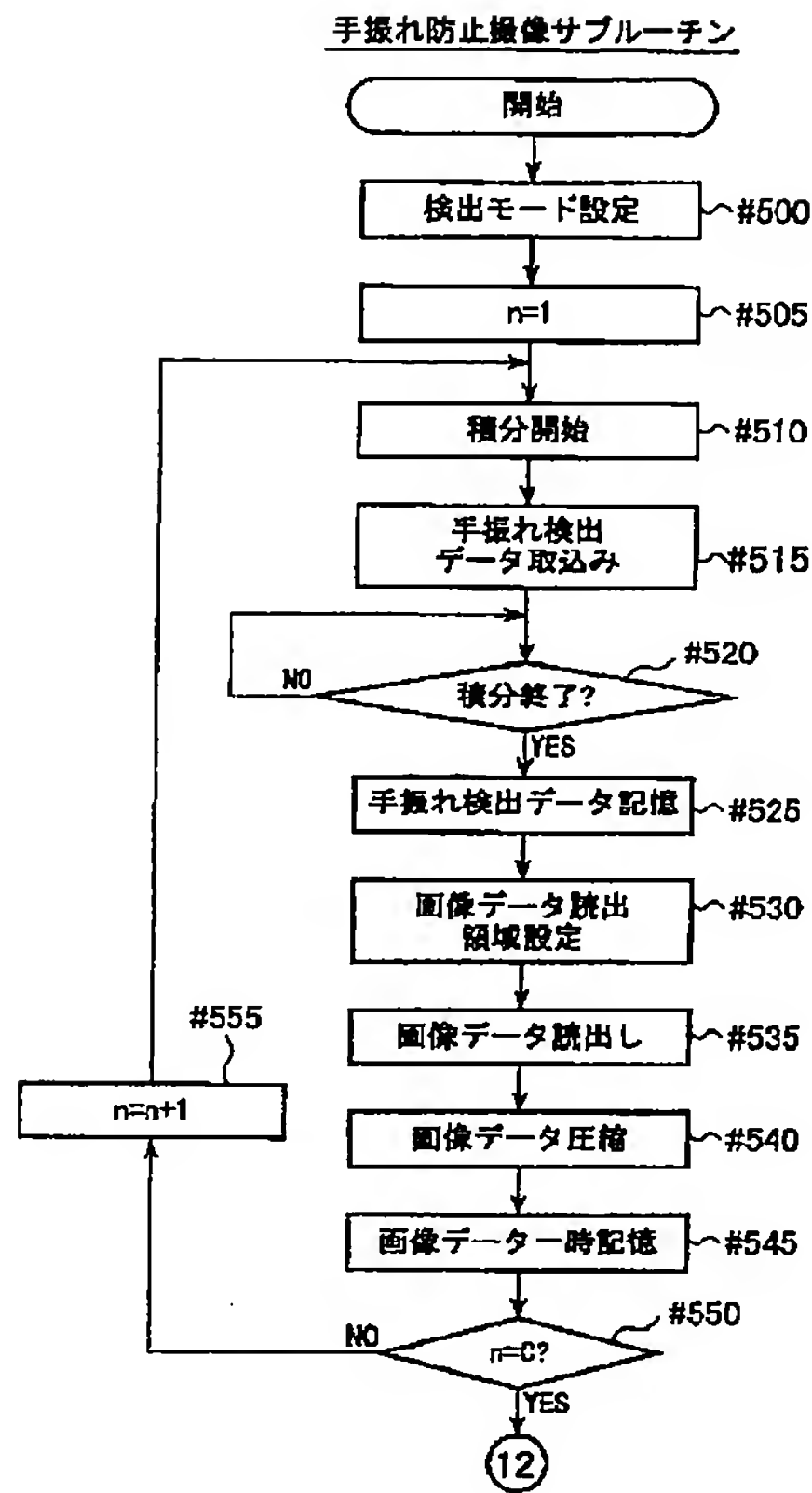
The diagram illustrates the internal components and data flow of a video camera system (100). The main components are organized as follows:

- Optical Path (200):** Light enters through a lens (201) and is directed to the image sensor (110).
- Image Sensor (110):** Converts light into electrical signals, which are then sent to the image data output section (314).
- Image Data Processing (300):**
 - Image Data Output Section (314):** Receives data from the image sensor and sends it to the image data storage section (307) and the image data correction section (306).
 - Image Data Storage Section (307):** Stores image data and sends it to the image data processing section (308) and the image data correction section (306).
 - Image Data Processing Section (308):** Processes image data and sends it to the monitor device (130) and the recording device (140).
 - Image Data Correction Section (306):** Receives data from the image data output section (314) and the image data storage section (307), and sends it to the image data correction section (313).
 - Image Data Correction Section (313):** Receives data from the image data correction section (306) and sends it to the image data correction section (312).
- Control and Timing (303):**
 - Integration Time Calculation Section (302):** Receives signals from the image sensor (110) and the image data output section (314) and sends them to the image data correction section (312).
 - Image Frame Rate Setting Section (303):** Receives signals from the image sensor (110) and the image data output section (314) and sends them to the image data correction section (312).
- Hand Shake Detection (312):** Receives signals from the image data correction section (313) and the image data correction section (312) and sends them to the image data correction section (312).
- Angle Velocity Sensors (121, 122, 123):** Measure angular velocity around the X, Y, and Z axes and send signals to the X-axis output processing circuit (309), Y-axis output processing circuit (310), and Z-axis output processing circuit (311).
- Output Processing Circuits (309, 310, 311):** Process signals from the angle velocity sensors and send them to the image data correction section (312).
- Hand Shake Detection Section (312):** Receives signals from the image data correction section (313) and the image data correction section (312) and sends them to the image data correction section (312).

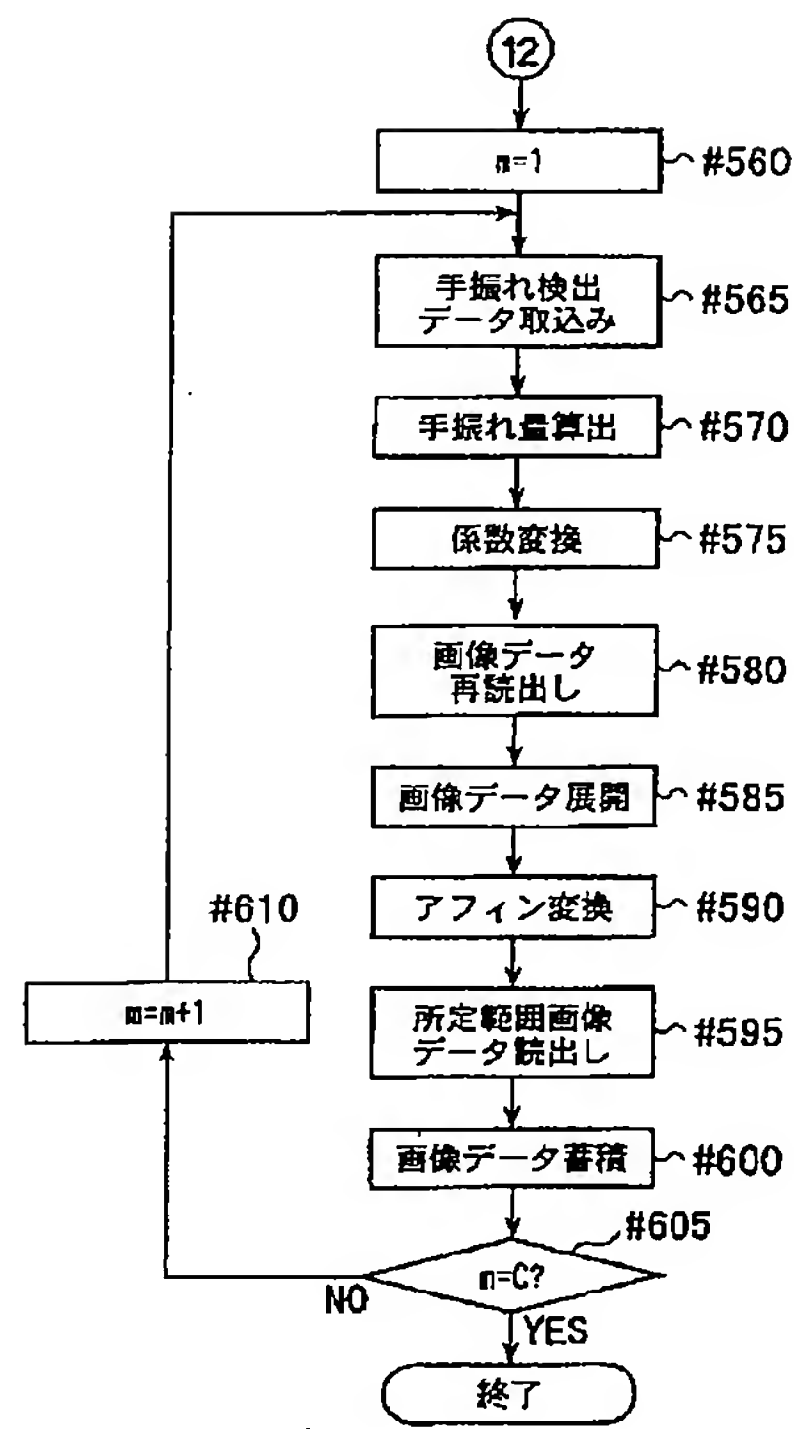
【図 18】



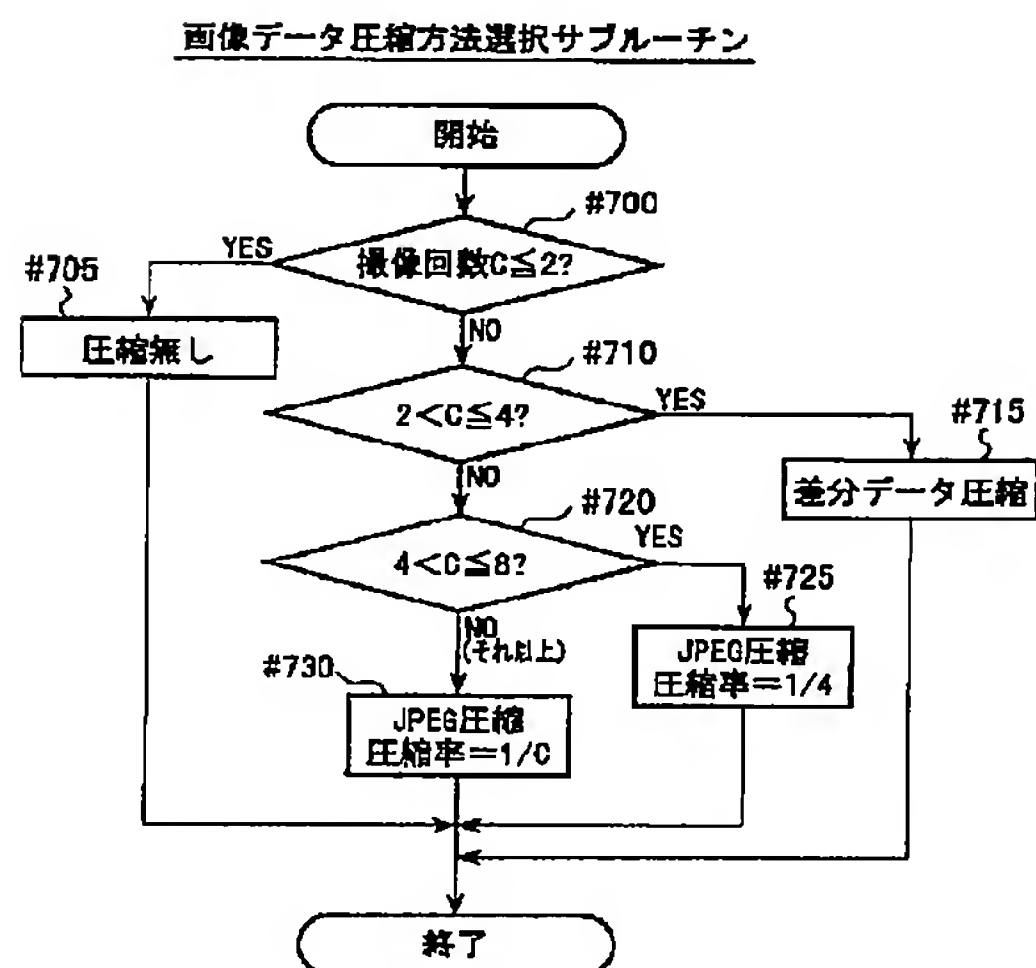
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C022 AA13 AB17 AB19 AB55 AC42
AC69
5C024 AA01 BA01 CA12 CA17 CA24
FA01 FA11 HA17 HA24